

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Инженерная школа информационных технологий и  
робототехники**

# **Молодёжь и современные информационные технологии**

**Сборник трудов XV Международной научно-  
практической конференции студентов, аспирантов и  
молодых учёных**

**04-07 декабря 2017 г.**

**Томск 2018**

XV Международная научно-практическая конференция студентов аспирантов и молодых учёных  
«Молодёжь и современные информационные технологии»

УДК 378:004  
ББК Ч481.23  
М75

Молодёжь и современные информационные технологии. Сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и современные информационные технологии». Томск, 04-07 декабря 2017 г. - 2018 - Томск: Д-Принт. - 407 с., ISBN 978-5-902514-88-6

Сборник содержит доклады, представленные на XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и современные информационные технологии», прошедшей в Томском политехническом университете на базе Инженерной школы информационных технологий и робототехники. Материалы сборника отражают доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, принятые к обсуждению на секциях: «Математическое моделирование и компьютерный анализ данных», «Автоматизация и управление в технических системах», «Информационные и программные системы в производстве и управлении», «Компьютерная графика и дизайн», «Информационные технологии в гуманитарных и медицинских исследованиях».

Сборник предназначен для специалистов в области информационных технологий, студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК 378:004  
ББК Ч481.23  
М 75

Редакционная коллегия сборника:

Михалевич С.С., к.т.н., нач. ОНИР ИШИТР, ученый секретарь, зам. председателя оргкомитета  
Сонькин Д.М., к.т.н., директор ИШИТР, зам. председателя оргкомитета  
Иванов М.А., к.т.н., зав. каф. ПИ ИШИТР ТПУ, председатель секции №1;  
Суходоев М.С., к.т.н., и.о. руководителя, доцент каф. АиКС ИШИТР ТПУ, председатель секции № 2;  
Шерстнёв В.С., к.т.н., доцент каф. ИСТ ИШИТР ТПУ, председатель секции № 3;  
Захарова А.А., д.т.н., зав. каф. ИГПД ИШИТР ТПУ, председатель секции № 4;  
Берестнева О.Г., д.т.н., профессор каф. ПИ ИШИТР ТПУ, председатель секции № 5;

Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание представленной информации ответственность несут авторы.

ISBN 978-5-902514-88-6



© ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет», 2018  
© Оформление. Издательство Д-Принт

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ .....</b>	<b>18</b>
APPLICATION OF THE BIGPANDA WORKLOAD MANAGEMENT SYSTEM TO SUPPORT DISTRIBUTED SUPERCOMPUTER-BASED COMPUTING IN NEUROSCIENCE .....	19
De K., Klimentov A., Mashinistov R., Novikov A.	
ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ВЫБОРКИ ДАННЫХ НЕЙТРОН-НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА .....	21
Шестаков В.В., Аржаник А. А., Шевченко А. А.	
РЕЖИМЫ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КАНАЛЕ ПРИ НАЛИЧИИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА .....	23
Астанина М.С.	
THE PROCESSING OF HETEROGENEOUS DATA FOR MULTISENSOR SYSTEMS OF TECHNICAL VISION ON THE EXAMPLE OF ANALYSIS OF TEMPERATURE AND GAS CONCENTRATION .....	25
Bagutdinov R.A.	
ЕСТЕСТВЕННАЯ КОНВЕКЦИЯ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ .....	27
Бондаренко Д.С.	
МИНИМИЗАЦИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ АМПЛИТУДНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКОМ НАБЛЮДЕНИИ СИГНАЛА .....	29
Брашеван Н.С.	
РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ ДЛЯ ПОИСКА АССОЦИАЦИЙ ВНУТРИ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ .....	31
Голуб О. А., Хаустов П. А.	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ МЕТАДААННЫХ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА .....	33
Губин М. Ю., Григорьева М. А., Голосова М. В.	
АНАЛИЗ БИОИНСПЕРИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ СОБЫТИЙ .....	35
Демиденко Л. Р., Соколова Е. В.	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ К КАРДИОСИГНАЛУ .....	37
Вылегжанин О.Н., Демидова О.О.	
КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ .....	39
Завьялов Д.А.	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТРОЛЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ БАЗ .....	41
Яковишин А. С., Захаров О. В.	

КВАЗИАНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ НЕОДНОРОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С КУБИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ .....	43
Инхиреева Т.А., Козловских А.В.	
ИМПОРТ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАДАННЫХ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ХРАНИЛИЩЕ .....	45
Кайда А.Ю., Губин М.Ю. ....	
КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ .....	47
Канаева И.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ .	49
Колотовкина А.Ю.	
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ ИЗ НОВОСТНЫХ ТЕКСТОВ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАССУЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТОВ.....	51
Мызников П.В.	
НЕЧЕТКАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ МС- ПОТОКОВ СОБЫТИЙ .....	53
Нгуен А.Ту, Кориков А.М., Нгуен А.Туан	
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАМЕРЫ И ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА .....	55
<b>Погадаев Е. А. ....</b>	<b>55</b>
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА .....	57
Собецкий А.В.	
ПРИМЕНЕНИЕ ФАЗОЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ЛОКАЦИИ УТЕЧЕК КОРРЕЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ .....	59
Фаерман В.А., Марукян В.М.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИ НАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА .....	61
Федоров В.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА «ГС-50» ДЛЯ УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ. ....	63
Михеенко М.О., Фидченко М.В.	
СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ И СИНТЕЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ЧАСТОТНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ .....	65
Фирсанков А.А.	
РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ БАНКА В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ SIMULINK.....	67
Султанбекова М.К.	
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ CRC8 НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ ATtiny44 .....	69
Мыцко Е.А.	



РЕАЛИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В СОВРЕМЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПАКЕТАХ MULTISIM, LABVIEW И MATLAB .....	71
Жылысбай М.	
АНАЛИЗ МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ СИСТЕМ И СЕНСОРНОГО СЛИЯНИЯ ДАННЫХ .....	73
Петренко Н.А.	
РАЗРАБОТКА И СРАВНЕНИЕ ВЕБ-СЕРВИСОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ WCF И WEB API 2.0.....	75
Батеева Е.Е.	
ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЭРОФОТОСНИМКОВ .....	77
Кульневич А. Д., Радишевский В. Л	
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ЛИЦА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ.....	79
Минаева О.И.	
ОПТИМИЗАЦИЯ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ .....	81
Раднаев Ч. Б.	
BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN EDUCATION.....	83
Solomin A.A.	
ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЗЁР НА КАРТОГРАФИЧЕСКИХ СНИМКАХ .....	85
Оксикбаев Е.Е.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК КАДРОВ ВИДЕОПОТОКА .....	87
Максимова Е.И.	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ОТВЕТОВ В БЛАНКАХ ЕГЭ С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ .....	89
Имигеев Е.И.	
<b>СЕКЦИЯ 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ .....</b>	<b>91</b>
РАЗРАБОТКА СТЕНДА «ТРУБОПРОВОД» ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УТЕЧКИ.....	92
Мамонова Т. Е., Медведев А. С.	
НАБЛЮДАТЕЛЬ ПОЛНОГО И ПОНИЖЕННОГО ПОРЯДКА.....	94
Петров П.В., Сидорова А.А.	
СИНТЕЗ ФИЛЬТРА КАЛМАНА-БЬЮСИ.....	96
Бологов А.А., Сидорова А.А.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ С РЕГУЛЯТОРАМИ СОСТОЯНИЯ .....	98
Иванова Н. А.	
МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	

АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ.....	100
Юров А.В., Леонов С.В.	
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ .....	102
Ким Д.В.	
СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ МАНИПУЛЯТОРА В MATLAB SIMULINK .....	104
Зуева С.В.	
МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ «ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА» В УПРАВЛЕНИИ ТП: ИММИТАЦИОННЫЙ ТРЕНАЖЕР, ОПТИМИЗАЦИЯ ЧМИ.....	106
Бояринова А.С.	
КОНСТРУИРОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО КАТЕТЕРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДОСТАВКИ ИНСТРУМЕНТА ВНУТРЬ РАБОТАЮЩЕГО СЕРДЦА .....	108
Колпашиков Д.Ю., Шеломенцев Е.Е.	
ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВ РАНЖИРОВАНИЙ И ИНРАНЖИРОВАНИЙ С УЧЕТОМ СВОЙСТВ СЛАБЫХ ПОРЯДКОВ КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ ДАННЫХ.....	110
Емельянова Е.Ю.	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКТИВНОГО МАГНИТНОГО ПОДВЕСА.....	112
Камышникова О.С.	
РАЗРАБОТКА БЕЗДАТЧИКОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПОСТОЯННЫМ МАГНИТАМИ ПОСРЕДСТВОМ ОЦЕНКИ ПОЛНОГО ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИГМА- ТОЧЕЧНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА .....	114
Зарницын А.Ю., Леонов С.В.	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОСКЕЛЕТА КОЛЕННОГО СУСТАВА С ВЕНТИЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ .....	116
Николенко М. Н., Котин Д. А.	
FLURE - АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОРАБОТКА КОНЦЕПЦИЙ.....	118
Мяхор Д.А.	
СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ РЕАКТОРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПЛАСТИКА .....	120
Емельянова Т.А., Гончаров В.И.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА, ОРИЕНТИРУЮЩЕГОСЯ В ПРОСТРАНСТВЕ.....	122
Цайтлер А. С.	
СИСТЕМА "УМНЫЙ ДОМ" .....	124
Веретехин А.В., Гертнер И.В., Гурулев А.Н., Пась Д.Е.	
МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO С GSM МОДУЛЕМ .....	126

Власов А.В.

УПРАВЛЕНИЕ ИНВАЛИДНОЙ КОЛЯСКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА..... 128

Дроганов Д.И.

ENERGY ANALYSIS OF A SOLAR ARRAYS DEPLOYMENT PROCESS AT GROUND  
TESTS OF MECHANICAL DEVICES ON ACTIVE GRAVITY COMPENSATION  
SYSTEMS ..... 130

Majkov S.A., Shpyakin I.K.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА РАСПОЗНАННЫМИ ПО  
ВИДЕОПОТОКУ ОБЪЕКТАМИ..... 132

Волков А.А., Войцеховский А.А.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ ДОСТУПА К ЖИЛОМУ  
ПОМЕЩЕНИЮ..... 134

Афанасьев Н.А., Апалишин В.С., Паньшин Г.Л.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА IGBT-МОДУЛЕЙ ..... 136

Апалишин В.С., Афанасьев Н.А.

РАЗРАБОТКА APRS ТРЕКЕРА ..... 138

Кан. Д.В., Рудьковский Д. Н.

СРАВНЕНИЕ ПРИЕМНИКОВ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ GEO++  
GNSMART И ПРЕДЛОЖЕНИЕ МЕТОДОВ ВЫБОРА МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ  
ПРИЕМНИКОВ ..... 140

Астахова А.С.

ПРОВЕРКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАГАЮЩЕЙ  
МЕХАТРОННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МИНИСТЕРСТВА РФ ПО ДЕЛАМ  
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ  
ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ..... 142

Мяхор Д.А.

СБОРКА АВТОНОМНОГО ДВУХКОЛЁСНОГО РОБОТА-БАЛАНСИРА HORIZONZ  
..... 144

Мяхор Д.А.

ANALYSIS OF INTERVAL DATA FUSION METHODS FOR SENSOR ACCURACY  
IMPROVEMENT IN WIRELESS SENSOR NETWORKS ..... 146

Lyudmila V. Galsanova

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ПЛИС И ARM В СИСТЕМЕ НА КРИСТАЛЛЕ  
ALTERA CYCLONE V ..... 148

Ягунов Т. А., Зоев И. В.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА  
АВТОМАТИЧЕСКОГО ПИЛОТИРОВАНИЯ КОЛЕСНОЙ ПЛАТФОРМЫ..... 150

Рот В. И.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ .....	152
Кремлев И.А., Леонов С.В., Гилев В.А.	
AUTOMATED WIRELESS SYSTEM FOR MEASURING ENVIRONMENTAL PARAMETERS BASED ON NI MYRIO PLATFORM.....	154
Bauer Evgenia S.	
РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ КООРДИНАЦИИ ГРУППЫ БВС В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ .....	156
Перминов Р.И.	
<b>СЕКЦИЯ 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ И УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ .....</b>	<b>158</b>
ФОТОГРАММЕТРИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА.....	159
Беспалов Д.В.	
РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ МЕЖИНТЕРФЕЙСНОГО АДАПТЕРА AXI-to-SPI НА ПЛИС .....	161
Старшинов В.С.	
РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРА СИНУСОИДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ SOFT-ПРОЦЕССОРА MICROBLAZE И ПЛИС .....	163
Старшинов В.С.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ .....	165
Ким А.Б., Чжоу Ухуэй	
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПО ТЕОРИИ ИГР В ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЕ QM FOR WINDOWS .....	167
Пронина О.Ю., Баженов Р.И.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ DDOS-АТАКИ В СРЕДЕ NETLOGO.....	169
Ковалева И.В.	
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ В РОБОТОТЕХНИКЕ .....	171
Кухта М.С., Крауиньш П.Я., Крауиньш Д.П., Козлова А.Д.	
KEYSTROKE DYNAMICS APPLICATION FOR USER AUTHORIZATION.....	173
Gorokhova E.S., Kochegurova E. A., Luneva E.E.	
ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА .....	175
Сидорова А.А.	
ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН РОССИИ .....	177
Шамбулова А.Н., Тюменцева К.М., Ботыгин И.А.	
ИНТЕРАКТИВНЫЕ ДИСПЛЕИ .....	179
Чайбар А.А.	
РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО МОНИТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ ХРОНОМЕТРАЖА .....	181

Фадеев А. С.

РАЗВЕРТЫВАНИЕ КЛАСТЕРА RASPBERRY PI С ПОМОЩЬЮ CITUS MX..... 183

Журман Д.А., Хиониди Р.Г. , Фадеев А.С.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «ГЕНЕРАТОР МУЗЫКАЛЬНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ»  
..... 185

Ахметов А.Н.

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ПОИСКА ВЛИЯТЕЛЬНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ  
СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАННОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ..... 187

Замятина В.С., Лунева Е.Е.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ для визуализации данных регистраторов ЕИЭМПЗ  
..... 189

Ивченко А.Ю., Ботыгин И.А.

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ  
ОТЧЕТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ВЁРСТКИ TEX ..... 191

Ветров А.А., Хаустов П.А.

ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕГОДОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНОМАЛЬНОСТИ  
ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ЗАПАДНО-СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ ..... 193

Колотовкина А.Ю., Степура Л.В., И.А. Ботыгин

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СЕТЕЙ ПУНКТОВ  
ПРОВЕДЕНИЯ ЕГЭ И ОГЭ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ..... 195

Горюнова М.А., Комаров И.Н., Лепустин А.В.

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ  
АГРЕГАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ..... 197

Сун Шичэнь, Чжан Сяоян, Мойзес Б. Б., Гаврилин А. Н.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ..... 199

Солтаганов Н. А., Ботыгин И.А.

СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ–КЛИЕНТА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ФРАНЧАЙЗИНГОВЫХ СЕТЕЙ ..... 201

Ларионов С. С.

КОНТРОЛЬ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НАРУЖНОГО КОЛЬЦА ПОДШИПНИКА  
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО..... 203

Мискевич Т.В., Сальникова Т.В.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЗАДАЧ  
ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ..... 205

Темирбулатов М.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ  
ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ..... 207

Темирбулатов М.А.

SIMULATION BASED COMPARATIVE ANALYSIS OF MANET ROUTING  
PROTOCOLS USING MULTIPLE TRAFFIC TYPES ..... 209

Umair Arif S. M., Arysheva G.V. SIMULATION BASED NETWORK CONVERGENCE ACTIVITY ANALYSIS OF DYNAMIC ROUTING PROTOCOLS OSPF & RIP BY USING DS3 LINES .....	211
Umair Arif S. M., Arysheva G.V. РАСЧЁТ КОНТАКТНЫХ НАГРУЗОК ПРИ ТОЧЕНИИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	213
Козлов В. Н., Чжан Ц., Го И. ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ .....	215
Фоменко А.В., Перемитина Т.О., Ященко И.Г. РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИЙ ОТ РАЗЛИВОВ НЕФТИ, НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗЛИВОВ ПРИ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЯХ НА ОБЪЕКТАХ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА .....	217
Айсматуллин И.Р., Слепнёв В.Н., Шестаков Р.Ю. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА .....	219
Одинцева А.В. РАЗРАБОТКА ДИЗАЙН-ПРОЕКТА СПОРТИВНОЙ ПИТЬЕВОЙ БУТЫЛКИ В ПРОГРАММЕ AUTODESK INVENTOR .....	221
Брызгалова А.М. МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ИЗДЕРЖЕК И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВОВ ТРУДОЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СРЕДСТВ КИПИА .....	223
Шин М.В. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТОВ ПО ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДАННЫМ .....	225
Соловьева Т.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ .....	227
Ершов И.А., Аймагамбетова Р.Ж. ВЫБОР СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ДОРНОВАНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЗАГОТОВКАХ .....	229
Волков С. Ю, Арляпов А. Ю. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЕТОВСКИХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ .....	231
Семенов И. К., Горбунов В. М., Синюкова Е.А. ПРИМЕНЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНИВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДИФфуЗИОННОГО ТИПА .....	233
Шерстобитова А.О. СИСТЕМА ПОЛНОГО МОНИТОРИНГА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	

НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ARDUINO И RASPBERRY PI.....	235
Пасюков А.А., Хисматуллин Р.Р., Баженов Р.И.	
ВЫБОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	237
Евсюткин И.В.	
АНАЛИЗ БИОИНСПЕРИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ в задачах распознавания событий .....	239
Демиденко Л. Р., Соколова Е. В.	
СРЕДСТВА ХРАНЕНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ ТЕКСТОВОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ .....	241
Леоновец С.А.	
СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	243
Гаськова Д.А.	
СИТУАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЯЗЫКА СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	245
Кузьмин В.Р.	
МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ НЕФТЕДОБЫЧИ .....	247
Гончаров А.С.	
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ .....	249
Демешко М.В., Канаева И.А., Ботыгин И.А.	
НЕЧЕТКАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ МС- ПОТОКОВ СОБЫТИЙ .....	251
Нгуен А.Ту, Кориков А.М.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ КАФЕДРЫ УНИВЕРСИТЕТА: ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ .....	253
Саклаков В. М., Видман В. В., Видман А. Я.	
ОЦЕНИВАНИЕ ТОЧНОСТИ СИНТЕЗА САУ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ В ОБЛАСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ .....	255
Тхан В.З., Берчук Д.Ю.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТОДОМ БУКСИРНОГО ПОЛИРОВАНИЯ .....	257
Лаптев Н.В.	
ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА .....	259
Жакишева Т. М., Погожев А. О.	
ВЫЯВЛЕНИЕ НЕДОБРОСОВЕСТНЫХ РАБОТНИКОВ В КРАУДСОРСИНГЕ ЭМОЦИЙ .....	261
Korovina Olga	

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....	263
Голубева А.А., Филипенко С.В., Рыбка В.И.	
МЕТОДЫ DATA MINING В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....	264
Былина Т.А.	
РАЗРАБОТКА РЕГУЛЯТОРА СКОЛЬЗЯЩИХ РЕЖИМОВ ДЛЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА С ВОДЯНОЙ РУБАШКОЙ.....	266
Бутузов Д.В.	
ОПТИМИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ОБРАБОТКИ ПЛАТЕЖНЫХ ДОКУМЕНТОВ .....	268
Иванова Е. О.	
РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-ГИС ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЛЕСНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ.....	270
Авдеев Н. Г.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЗИРОВАННОГО БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ДЕКОДЕРА НА ПРИМЕРЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДА (23,5,11) .....	272
Рыжова С.Е., Мыцко Е.А. ....	
ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ СЕТИ YOLO ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ .....	274
Береснев А.П., Зоев И.В.	
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НА ПЛИС.....	276
Береснев А.П., Зоев И.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МЕЖДУ DDR3 ПАМЯТИ И ПЛИС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SOFT КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ALTERA CYCLONE V278	
Зоев И.В., Ягунов Т.А., Береснев А.П.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ УЗЛА РЕДУЦИРОВАНИЯ.....	280
Орлов Э.Е.	
СРАВНЕНИЕ PID-УПРАВЛЕНИЯ И MPC-УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ РАСХОДА НЕФТИ НА ВЫХОДЕ ТРЕХФАЗНОГО СЕПАРАТОРА.....	282
Наумовская А.А.	
РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ БРОКЕР СООБЩЕНИЙ КАФКА ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЕРЕДАЧИ И АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ .....	284
Радишевский В. Л., Кульневич А. Д.	
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО КЛИЕНТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ФАЙЛАМИ В ОБЛАЧНОМ ХРАНИЛИЩЕ .....	286
Пилецкий А. А.	
<b>СЕКЦИЯ 4. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И ДИЗАЙН .....</b>	<b>288</b>
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСТАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ И АНАЛИЗ ЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ.....	289



Божко К.М.

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ РАБОЧЕГО МЕСТА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА  
МОДУЛЬНОСТИ ..... 291

Бринюк И.А.

СПЕЦИФИКА ТЕХНОЛОГИИ СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛ-СТЕКЛО В ЮВЕЛИРНОЙ  
БИЖУТЕРИИ ..... 293

Васильева М.О., Милованова А.Н., Пыжова Е.Н.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА НА ПРИМЕРЕ РАБОЧЕГО МЕСТА  
РАДИОМЕХАНИКА ..... 295

Викулова М. А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ  
СВЕТОПРОПУСКАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ..... 297

Долгалёва О.В.

АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО МУЗЕЯ..... 299

Ефремов Г.А.

РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИКАЛЬНОГО ДИЗАЙНА ИГРОВОГО  
МАНИПУЛЯТОРА DUALSHOCK 4 ..... 301

Иванова Л.Н., Шкляр А.В.

УЛУЧШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТЕЗОВ РУКИ..... 303

Иванова Л.Н.

НАХОЖДЕНИЕ УЧАСТКОВ ДЕФОРМАЦИИ СТУЛЬЕВ В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ 3Д МОДЕЛИРОВАНИЯ..... 305

Иванова Л.Н., Черепов А.А., Шкляр А.В.

ОБЗОР РЫНКА МАГИСТРАЛЬНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ. РАЗРАБОТКА КОРПУСА  
ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНОГО СВЕТИЛЬНИКА ..... 307

Ким Е.И.

РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО МЕСТА КОНДИТЕРА на основе АНАЛИЗА  
ЭРГОНОМИЧЕСКИХ НОРМ..... 309

Козлова Л.О.

СОЗДАНИЕ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА JAVA С ПОМОЩЬЮ  
ФРЕЙМВОРКА LIBGDX НА ПРИМЕРЕ НАПИСАНИЯ ПРОСТОЙ ИГРЫ ..... 311

Копасов Д. В., Масалевичюте О. В.

DESIGN OF LED-BASED MEDICAL EQUIPMENT FOR BRIGHT LIGHT THERAPY 313

Kukhta M., Sidorenko E., Simutkin G., Glushkov G.

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗКОСТИ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ ..... 315

Кондратьева А.А., Маслов К.А., Михайлова Е. В.

ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО  
ПРЕДМЕТА, ДОСТАВЛЯЮЩЕГО МУЛЬТИСЕНСОРНЫЙ ОПЫТ ..... 317

Молокова О.А.	
РАЗРАБОТКА КОРПУСА ИНДУСТРИАЛЬНОГО СВЕТИЛЬНИКА .....	319
Николайчук А.Т.	
АФФИННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ .....	321
Орешкина Ю.Л., Долотова Р.Г.	
ВЫЯВЛЕНИЕ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ С ФУНКЦИЯМИ ПОДСВЕТКИ.....	323
Семенцова А.А.	
ДИЗАЙН И ЭРГНОМИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ.....	325
Тоноян С.С., Шкляр А.В.	
МЕТОДЫ ДИЗАЙН-ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ФИТОТРОНА .....	327
Чуфелина Т.Е.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САД-ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	329
Дзик М.А., Долотова Р.Г.	
НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА .....	331
Итыгина Д.Р., Долотова Р.Г., Долотов А.Е.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРАМИ И УСТРОЙСТВАМИ ПОСРЕДСТВОМ ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ .....	333
Хазюрова А.Е., Васильева М.О.	
ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ПАЦИЕНТОВ .....	335
Лаутеншлегер Н.Н.	
ПРОБЛЕМА «КЛИПОВОГО МЫШЛЕНИЯ» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ АСПЕКТАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ВИДЕОУРОКА «ЗАКОНЫ КОМПОЗИЦИИ».....	337
Викулова М.А., Ризен Ю.С.	
ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙНА СКУЛЬПТОРА ИСАМУ НОГУЧИ .....	339
Брень А. Ю., Виитман В. Р.	
НЕОБХОДИМОСТЬ УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИЗАЙНА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЗНЕННОЙ И КОММУНИКАТИВНОЙ СРЕДЫ ЧЕЛОВЕКА .....	341
Бугаева Е.А.	
ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДИЗАЙН ОБОЛОЧКИ ПЛАЗМЕННОЙ УСТАНОВКИ .....	343
Сафьянникова В.И., Вехтер Е.В.	
РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ (НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПТА ОБОЛОЧКИ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА	

КОЛЛЕКТИВОМ АВТОРОВ) .....	345
Казакова Т.Д., Серяков В.А.	
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕКОРАТИВНОГО ЭФФЕКТА В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СТЕКЛА, ВЫПОЛНЕННЫХ В ТЕХНОЛОГИИ ФЬЮЗИНГ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДИЗАЙНОПРИГОДНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ .....	347
Куценко Л.Е.	
ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЦВЕТА НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА МНЕМОСХЕМЫ САМОХОДНОГО ВАГОНА .....	349
Минчук А.М., Дё Ю.С., Давыдова Е.М.	
<b>СЕКЦИЯ 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГУМАНИТАРНЫХ И МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ .....</b>	<b>351</b>
РАСПОЗНАВАНИЕ ЖЕСТОВ РУК ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ СУРДОПЕРЕВОДА .....	352
Видман В.В., Видман А.Я, Саклаков В.М	
ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ КОНТЕНТА ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ НА САЙТАХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ.....	354
Войтенко С.Р., Степанова И.П.	
ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ .....	356
Емельянова Ю.А.	
WEB-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКОВ ВУЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНЖИНИРИНГА И ТЕХНОЛОГИЙ SEMANTIC WEB .....	358
Ермолов И. А.	
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕНИЯ МАССОВЫХ ПРОЦЕДУР ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ .....	360
Балыкбаева К.Р., Зобнина А.А.	
ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА КЛИЕНТСКОЙ БАЗЫ АПТЕЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ .....	362
Каверина И.С.	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ЭКСПЕРТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	364
Копайгородский А.Н.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ.....	366
Темирбулатов М.А.	
ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ .....	368
Хассанин Х.М., Юмашева А.Л.	
РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРОМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ	

ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕДИЦИНСКИХ ЭЛЕКТРОДОВ.....	370
Андреев С.А.	
АНАЛИЗ РЫНКА СОВРЕМЕННЫХ БИОНИЧЕСКИХ ПРОТЕЗОВ .....	372
Рудьковский Д.Н., Кан Д. В.	
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОГО ОСТРОГО ИНФАРКТА МИОКАРДА .....	374
Боброва Ю.В.	
СЕРВИС ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ ОПРЕДЕЛЕННЫМ КАТЕГОРИЯМ ГРАЖДАН .....	376
Голубева А.А., Федяев А.О., Зайцев В.А.	
A RESEARCH STUDY OF THE DEPENDENCE OF BIOIMPEDANCE SPECTRUM OF BIOLOGICAL TISSUE ON DIFFERENT TEMPERATURE RANGES .....	378
Korolyuk E.S.	
МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ И СЕГМЕНТАЦИИ ДИСТАЛЬНОГО КОНЦА КАТЕТЕРА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	380
Манаков Р.А., Гергет О.М., Данилов В.В.	
ПРОГРАММА ДЛЯ РУЧНОГО СОЗДАНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МЕДИЦИНСКИХ ФАЙЛОВ DICOM .....	382
Правосудов М. М.	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПАЦИЕНТООРИЕНТИРОВАННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ .....	384
Яровой Н. Д., Богайчук П. М., Шнайдер Г.В.	
ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙН – ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА .....	386
Лаутеншлегер Н.Н.	
АРХИТЕКТУРА СЕРВИСА «МОНИТОРИНГ ЭПИДЕМИОЛОГИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ» .....	388
Голубева А. А., Протасевич И. А., Кондратов А. В., Гусев В. В.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕКСТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПАТОЛОГИЙ ДИССЕМНИРОВАННОГО ТУБЕРКУЛЁЗА ЛЁГКИХ .....	390
Костин К.А., Лассе Бах	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АДАПТИВНОГО ОПРОСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАЦИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ.....	392
Шнайдер Г.В., Богайчук П.М., Яровой Н.Д.	
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО САМООСОЗНАНИЯ .....	394
Мяхор Д.А.	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВРАЧА, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ПОМОЩЬ В ВЫБОРЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	396

Казакивичюс И.С., Гергет О.М.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДАLSA-АЛГОРИТМА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА КОМПЛЕКСА УПРАЖНЕНИЙ РАЗВИТИЯ  
КОМПЕТЕНЦИЙ ..... 398

Хаперская А. В.

РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ В  
РАЗРЕЗЕ ФОРМ СОБСТВЕННОСТИ ЗА ПЕРИОД 2012-2016 ГГ. .... 400

Соболева Е.С., Колпакова В.А., Спицын В.В., Кацман Ю. Я.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ..... 402

Погожев А. О., Погожева Е. О., Жакишева Т. М.

СЕРВИС МОНИТОРИНГА ЭПИДЕМИОЛОГИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ..... 404

Кондратов А. В., Щукина Е. П., Гусев В. В.

THE APPLICATION OF THE POPULATION HEALTH INTEGRATED ASSESSMENT  
MODEL AS AN INSTRUMENT FOR IMPROVING EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF  
HEALTHCARE SYSTEM ..... 406

Golubeva A.A., Shibalkov I.P., Boykov V.A.

## **Секция 1. Математическое моделирование и компьютерный анализ данных**

## APPLICATION OF THE BIGPANDA WORKLOAD MANAGEMENT SYSTEM TO SUPPORT DISTRIBUTED SUPERCOMPUTER-BASED COMPUTING IN NEUROSCIENCE

K. De<sup>1</sup>, A. Klimentov<sup>2,3</sup>, R. Mashinistov<sup>1</sup>, A. Novikov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Texas at Arlington

<sup>2</sup>Brookhaven National Laboratory

<sup>3</sup>National Research Center "Kurchatov Institute"  
ruslan.mashinistov@cern.ch

### Introduction

PanDA [1] was originally designed specifically for the needs of the ATLAS [2] Experiment at the Large Hadron Collider (LHC) [3], and has proved to be highly successful in meeting all the distributed computing needs of the experiment. The core design of PanDA is however not experiment specific. PanDA is capable of meeting the needs of other data intensive scientific applications, and the BigPanDA project [4] was created to undertake this. The project has generalized PanDA for use by other experiments and extended its reach to High Performance Computing (HPC) platforms.

In February 2017, a pilot project was started between BigPanDA and the Blue Brain Project (BBP)[5] of the Ecole Polytechnique Federal de Lausanne (EPFL) located in Lausanne, Switzerland. BBP has complex scientific workflow which relies on using a mix cluster and supercomputers to reconstruct and simulate accurate models of brain tissue. BBP has own clusters and currently extending available resources to use also the Titan Supercomputer [6] operated by OLCF and cloud based resources (Amazon). But it still lacks central system to manage such complex workflow and all distributed resources at once.

This project was aimed to demonstrate the efficient application of the BigPanDA system to support the complex scientific workflow of the BBP and all target systems. The first "proof of concept" phase of the project was lasted for 6 months and successfully finished in September 2017. Within this period the new BigPanDA software instance was installed in Geneva, adopted and configured in order to support BBP workflow. To meet the specific needs of the BBP workflow additional components were deployed and adopted. The following resources were considered for demonstration:

- Intel x86-NVIDIA GPU based BBP clusters located in Geneva (47 TFlops) and Lugano (81 TFlops),
- BBP IBM BlueGene/Q supercomputer (0.78 PFlops) located in Lugano,
- Titan Supercomputer with peak theoretical performance 27 PFlops operated by the Oak Ridge Leadership Computing Facility (OLCF),
- Cloud based resources such as Amazon Cloud.

### General approach based on the BigPanDA WMS

The BigPanDA as a basis technology delivers

transparency of data and it's processing in a distributed computing environment to the scientists. It provides execution environments for a wide range of experimental applications, automates centralized data processing, enables data analytics for dozens of research groups, supports custom workflow of individual scientists, provides a unified view of distributed worldwide resources, presents status and history of workflow through an integrated monitoring system, archives and curates all workflow, manages distribution of data as needed for processing or scientists access, and provides other features. The rich menu of features provided, coupled with support for heterogeneous computing environments, makes BigPanDA ideally suited for modern scientific data processing. The Portal integrated the components, which don't belongs to the BigPanDA system: Web-interface, Data Storage and Data Management System. Some of these components were developed and adopted to meet BBP researchers needs.

The Portal includes the following main components:

- Server. The PanDA server is the heart of the system factorized as a general WMS service. The main components of the server are:

- Database. A system-wide job database, which records comprehensive static and dynamic information on all jobs and resources in the system.

- Brokerage. An intelligent module operates to prioritize and assign jobs to resources on the basis of job type, priority, software and data availability, real time job statistics, and available CPU and storage resources.

- Dispatcher. A component in the PanDA server which receives requests for jobs from pilots and dispatches job payloads.

- Pilots [8]. One of the key features of PanDA approach is to use pilot jobs. Pilot jobs are used for acquisition of processing resources in advance. Jobs are assigned to successfully activated and validated pilots by the PanDA server based on brokerage criteria. This 'late binding' of workload jobs to processing slots prevents latencies and failure modes in slot acquisition from impacting the jobs, and maximizes the flexibility of job allocation to resources based on the dynamic status of processing facilities and job priorities. The pilot is also a principal 'insulation layer' for PanDA, encapsulating the complex heterogeneous environments and interfaces of the grids and facilities on which PanDA operates.

- Web interface and custom API allows users to define the jobs in the system and perform monitoring functions.
- Data Management System allows uniform access to data on distributed storages.

### **Software components of the BigPanDA based portal for BBP applications**

For more efficient use of the portal we have developed an interface to define and run custom computing jobs and monitor their status, control the workflow. This interface consists of several software modules. The portal authenticates users with a given username and password. Direct interaction with the user is provided by the unified web form to define new custom jobs. Through the form user creates a description of the job and submits it to the server. After that the status of the job can be monitored with the built-in monitoring web interface. The job processing workflow is transparent. The specific settings of the running jobs and some technical specifics of server are hidden from the end users. All required actions on jobs also could be done dynamically using HTTP requests to the portal API.

The main components of the portal are:

- GUI/Web services - graphical user interface and web service that provides authentication and simple web interface to make jobs definition. Also support of the API provided at this level.
- PanDA Client is the simple python client for command line interface by which users define job, with all parameters and the input/output files. Then it registers the job at the PanDA server.
- PanDA Server - local Panda server installed and configured on the BBP VM. Server provides an internal API to interact with PanDA Client and Monitor.
- PanDA Monitor provides the overall information about the status of the system, submitted jobs and resources.
- Pilot Schedulers - pilot schedulers manages the pilots submission to available resources defining how many pilots to run on each resource.
- Pilots –several adaptations of pilots were made to support variety computing environments, a new feature was added with initial tests.
- Data Management System (DMS) - lightweight experiment data management tool. It consists of general file catalog to store metadata and distributed file transfer system to move data between heterogeneous data storages. At the moment the development and integration of the DMS is in progress. Globus Online is considered as the Data Transfer System for the portal.

### **Conclusions**

As a proof of concept, the pilot project was aimed to demonstrate efficient application of the PanDA software for the supercomputer-based reconstructions and simulations, offering a radically new approach for

understanding the multilevel structure and function of the brain (BBP project).

In the first phase, the goal was to support the execution of BBP software on a variety of distributed computing systems powered by PanDA. The targeted systems for demonstration include: Intel x86-NVIDIA GPU based BBP clusters, BBP IBM BlueGene/Q supercomputer, the Titan Supercomputer operated by the Oak Ridge Leadership Computing Facility (OLCF), and Amazon Cloud.

The project demonstrated that the software tools and methods for processing large volumes of experimental data, which have been developed initially for experiments at the LHC accelerator, can be successfully applied to other scientific fields. Through the deployed BigPanDA portal an MPI test jobs have been successfully submitted and executed on the BBP distributed resources.

### **Acknowledgements**

We wish to thank our colleagues from the Blue Brain Project especially Prof. Felix Schuermann, Dr. Fabien Delalondre and Alexandre Beche.

This work was funded in part by the U.S. Department of Energy, Office of Science, High Energy Physics and Advanced Scientific Computing Research under Contracts DE-SC0008635, DE-SC0016280; Russian Ministry of Science and Education under Contract no 14.Z50.31.0024; and by Blue Brain Project. We would like to acknowledge that this research used resources of the Oak Ridge Leadership Computing Facility at the Oak Ridge National Laboratory, which is supported by the Office of Science of the U.S. Department of Energy under Contract no. DE-AC05-00OR22725.

### **References**

1. Maeno T., Overview of ATLAS PanDA workload management // J. Phys.: Conf.Ser. – 2011 - vol. 331, 072024.
2. ATLAS Collaboration, The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider // J. Inst. – 2008 - vol. 3, S08003.
3. Evans L., Bryant P., LHC machine // Journal of Instrumentation – 2008 - vol. 3, S08001.
4. Klimentov A. et al. Next Generation Workload Management System for Big Data on Heterogeneous Distributed Computing // J. Phys. Conf. Ser. – 2015 - vol. 608(1):012040.
5. Markram H., The blue brain project // Nat. Rev. Neurosci. - 2006 - vol. 7 - pp.153-160.
6. De K. et al. Integration of PanDA workload management system with Titan supercomputer at OLCF // J. Phys. Conf. Ser. – 2015 - vol. 664:092020.
7. P. Nilsson et al., Experience from a Pilot based system for ATLAS // J.Phys.Conf.Ser. – 2008 - vol. 119:062038.



## ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ВЫБОРКИ ДАННЫХ НЕЙТРОН-НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА

В.В. Шестаков, А. А. Аржаник, А. А. Шевченко  
Научный руководитель: Д. Ю. Степанов  
Томский политехнический университет  
arzh\_sasha@mail.ru

### Введение

Информация о параметрах геологической среды представляет собой ограниченный набор данных, измеряемый преимущественно в стволах скважин. Эти параметры несут важную информацию о местоположении и миграции флюидов, и задача построения их трехмерных моделей на текущий момент является актуальной.

Один из методов решения данной задачи разрабатывается на кафедре программной инженерии Томского политехнического университета и в качестве исходных данных использует атрибуты наземной сейсморазведки и геофизических исследований скважин (ГИС) [1]. Одним из факторов, влияющих на точность работы метода, является информативность исходной выборки данных. Она должна максимально описывать строение исследуемого месторождения и при этом не нести избыточную информацию. Идеальной является ситуация, в которой каждый элемент выборки описывает уникальный участок геологической среды. На реальном месторождении такая ситуация невозможна, из-за неоднородности среды, однако выборку можно приблизить к желаемой путем исключения из нее одинаковых либо очень схожих элементов.

### Описание исходных данных

Исходные данные представлены в виде таблицы EXCEL, в которой записаны измерения импульсно нейтрон-нейтронного каротажа (ИННК) шести скважин. Данные ИННК привязаны к относительной временной шкале. Нулевая отметка шкалы в рассматриваемом случае является границей залегания Баженовской свиты - нефтегазового объекта Томской области.

ИННК основан на облучении земных пород вдоль скважины импульсами быстрых нейтронов высокой энергии и последующим контролем спада их плотности из-за эффектов рассеивания. Диаграммы ИННК позволяют определять местоположение нефтяных коллекторов, отличать водяные коллектора от нефтяных [2].

### Постановка задачи

Имеется выборка кривых ИННК, измеренных в стволах пяти скважин методами ГИС. Данная выборка использовалась при расчете модели некоторого месторождения. Также имеется кривая ИННК шестой скважины, добавление которой в исходную выборку приведет к необходимости пересчета модели. Требуется ответить на вопрос: увеличится ли информативность исходной

выборки при добавлении в неё данных шестой скважины?

### Метод решения задачи

Для определения наличия или отсутствия связи между данными двух скважин могут быть использованы различные меры сходства, такие как Евклидово расстояние и коэффициент корреляции Пирсона. Проанализируем преимущества и недостатки обеих рассматриваемых мер [3].

### Коэффициент корреляции Пирсона

характеризует существование линейной зависимости между двумя величинами.

Один из главных недостатков коэффициента корреляции как меры сходства - он чувствителен к форме за счет снижения чувствительности к величине различий между переменными. Переменные, у которых одновременно велики абсолютные значения и стандартные отклонения, могут подавить влияние переменных с меньшими абсолютными размерами и стандартными отклонениями [3].

Для наглядности недостатков рассмотрим пример на рисунке 1:

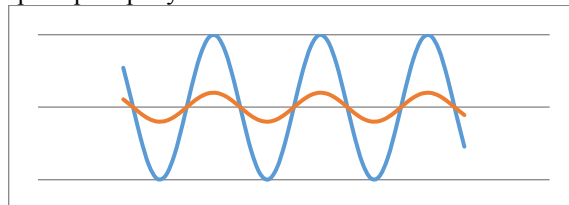


Рис. 1. Синусоидальные кривые с одинаковым периодом и различными амплитудами

На нем изображены две синусоидальные кривые, которые, визуально, существенно отличаются друг от друга. Однако коэффициент корреляции равен единице и говорит о том, что между ними существует однозначная линейная связь. Из примера очевидно, что делать выводы о схожести кривых, основываясь только на значении коэффициента корреляции, нельзя. Расстояние Евклида (17,56) в данном случае позволяет сделать более правильные выводы.

**Евклидово расстояние** – расстояние между двумя точками евклидова пространства. Основной недостаток Евклидова расстояния - оно чувствительно к величине различий между переменными и мало восприимчиво к форме [3]. Для наглядности рассмотрим два графика (рис. 2, рис. 3):

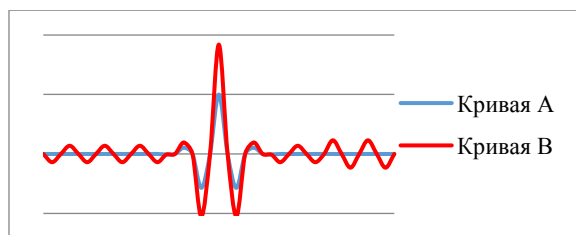


Рис. 2. Кривые А и В

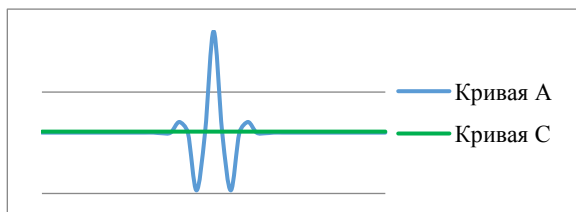


Рис. 3. Кривые А и С

На рисунках 2 и 3 изображены графики кривых: С - прямая линия, А и В - импульсы Пузырева ( $S(t) = e^{-\beta^2 t^2} \cos(2\pi f_0 t + \varphi)$ ). Сравнивая по метрике Евклида кривые А и В (расстояние 1,26) и кривые А и С (расстояние 1,29), можно прийти к выводу, что кривая А одинаково похожа на С и на В, что неверно. В данном случае критерий Пирсона несет больше информации о несхожести кривых.

Из-за перечисленных недостатков данные метрики нельзя использовать для решения данной задачи по отдельности. Таким образом, выводы о схожести кривых будем принимать на основании одновременно обеих метрик.

#### Ход работы

Для определения информативности скважины №6 она попарно сравнивалась с имеющимися пятью. Оценка схожести данных осуществлялась с помощью скользящего временного окна, перемещающегося в пределах всего временного интервала. Выбор размера окна в 20 мс (период колебаний сейсмической волны) обусловлен тем, что в алгоритме построения модели геологической среды ковариационные свойства данных скважин аналогично рассчитываются в скользящем окне.

На первом этапе были измерены коэффициенты корреляции. В качестве выборки  $X$  выбирались по 20 последовательных значений параметра скважины №6, в качестве выборки  $Y$  – соответствующие значения из скважин №1-5. На втором этапе были измерены расстояния Евклида между точками, координаты которых – 20 последовательных значений из скважин.

Так как параметр ИННК мало информативен начиная со второго знака после запятой, для евклидова расстояния принимаем порог равным 2 ( $0,1 \cdot \text{количество отсчетов}$ ), но для надежности расчетов уменьшаем до 1. Принято считать, что коэффициент корреляции 0,7 и более говорит о высокой степени зависимости кривых, зададим порог чуть меньше этого значения, то есть 0,6.

Определим точки, в которых одновременно выполняются оба условия, то есть коэффициент корреляции больше 0,6, евклидово расстояние

меньше 1. Построим график зависимости от времени  $t$  (мс), на котором функция принятия решения будет принимать значение 1, если выполнены оба условия, и 0 в других случаях (рис. 4).

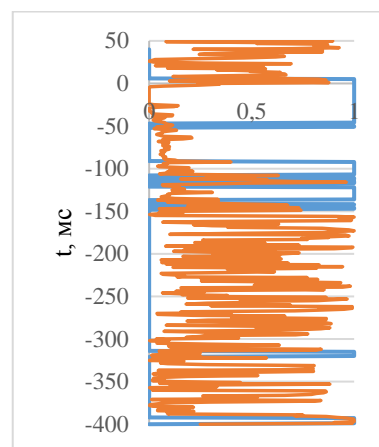


Рис. 4. Функция принятия решения и кривая ИННК 6-й скважины

На графике выделяются четыре зоны с единицами: [-389; 383], [-310; -305], [-137; -82], [-41; 15] – в этих зонах шестая скважина похожа на одну из пяти предыдущих. Данные скважин во всех прочих зонах – различны, следовательно, их нужно добавить в выборку.

#### Выводы

Для выполнения поставленной задачи было решено использовать меры схожести: коэффициент корреляции и евклидово расстояние.

Так как обе имеют недостатки (коэффициент корреляции Пирсона сравнивает только форму, а евклидово расстояние – суммарное значение амплитуд), было решено учитывать обе метрики.

В работе были рассчитаны коэффициент корреляции и евклидово расстояние на примере данных 6-ти реальных скважин. Было выявлено, что информативность исходной выборки увеличится при добавлении в неё данных скважины №6 за исключением 4-х определенных зон.

#### Список использованных источников

- 1) Шестаков, В.В. Построение трехмерных моделей параметров геологических сред / В.В. Шестаков, Д.Ю. Степанов, Г.А. Сысолятина. – Томск, 2016. – 5 с.
- 2) Косков, В. Н. Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС / В. Н. Косков, Б. В. Косков. – Пермь.: Изд-во ПГТУ, 2007.-317 с.
- 3) Мьюллер, У. Р. Клетка и др.; Под ред. И. С. Енюкова. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч. У. — М.: Финансы и статистика, 1989.— 215 с.

## РЕЖИМЫ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ КАНАЛЕ ПРИ НАЛИЧИИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА

Астанина М.С.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., доцент Шеремет М.А.

Томский государственный университет

e-mail: [astanina.marina@bk.ru](mailto:astanina.marina@bk.ru)

### Введение

При современном уровне развития промышленности, энергетики и приборостроения все большее значение приобретают разработки систем охлаждения. Исследования в данной области позволяют предсказывать поведение систем с тепловыделяющими элементами и предотвращать их преждевременный выход из строя [1]. Особый интерес вызывают задачи, в которых свойства среды (жидкости) зависят от внешних параметров (температура, давление и т.п.).

### Постановка задачи

В настоящей работе моделируется процесс охлаждения источника энергии в горизонтальном канале (рис. 1).

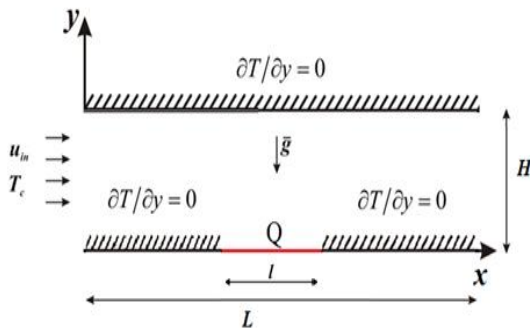


Рис. 1. Область решения задачи

Рассматривается прямоугольная область ( $L = 10H$ ). В прямоугольную полость через входное отверстие поступает ньютоновская несжимаемая жидкость с постоянной температурой охлаждения  $T_c$  и постоянной горизонтальной скоростью  $u_{in}$ . Вязкость жидкости зависит от температуры по экспоненциальному закону:  $\mu = \mu_0 \exp \left[ -C \frac{T - T_0}{\Delta T} \right]$ .

Считается, что рабочая среда удовлетворяет приближению Буссинеска, а режим течения и теплопереноса является ламинарным. Тепловыделяющий элемент располагается в центре нижней стенки; выделение тепла на нем моделируется на основе закона Фурье  $Q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial y}$ .

Верхняя и нижние стенки, исключая источник, теплоизолированы. Сила тяжести направлена вертикально вниз по оси  $y$ .

### Математическая модель

Для описания гидродинамики внутри полости используются дифференциальные уравнения в безразмерных преобразованных переменных «функция тока – завихренность – температура»:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} = -\Omega \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Omega}{\partial \tau} + U \frac{\partial \Omega}{\partial X} + V \frac{\partial \Omega}{\partial Y} = \frac{1}{\text{Re}} \left( \frac{\partial^2 (\text{M}\Omega)}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 (\text{M}\Omega)}{\partial Y^2} \right) + \\ + \text{Ri} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial X} + \frac{2}{\text{Re}} \left[ \frac{\partial^2 \text{M}}{\partial X^2} \frac{\partial U}{\partial Y} - \frac{\partial^2 \text{M}}{\partial Y^2} \frac{\partial V}{\partial X} + \right. \\ \left. + \frac{\partial^2 \text{M}}{\partial X \partial Y} \left( \frac{\partial V}{\partial Y} - \frac{\partial U}{\partial X} \right) \right], \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + U \frac{\partial \Theta}{\partial X} + V \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = \frac{1}{\text{Re} \cdot \text{Pr}} \left( \frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} \right). \quad (3)$$

Здесь  $X, Y$  – безразмерные декартовы координаты;  $U, V$  – безразмерные составляющие скорости в проекции на оси;  $\Theta$  – безразмерная температура;  $\Psi$  – безразмерная функция тока;  $\Omega$  – безразмерная завихренность скорости,  $\text{Re} = \frac{u_{in} L}{\nu}$  – число

Рейнольдса,  $\text{Pr} = \frac{\nu}{a}$  – число Прандтля,

$\text{Ri} = \frac{\text{Ra}}{\text{Pr} \cdot \text{Re}^2}$  – число Ричардсона.

Граничные условия для системы (1)–(3) запишем в безразмерном виде:

- на стенке  $Y = 0$ :  
 $\Psi = 0, \partial \Psi / \partial Y = 0, \partial \Theta / \partial Y = 0,$
- на стенке  $Y = 1$ :  
 $\Psi = 1, \partial \Psi / \partial Y = 0, \partial \Theta / \partial Y = 0,$
- на входе в канал  $X = 0$ :  
 $\Theta = 0, \Omega = 0, \Psi = Y,$
- на выходе из канала  $X = 1$ :  
 $\partial \Psi / \partial X = \partial \Omega / \partial X = \partial \Theta / \partial X = 0,$
- на источнике:  
 $\Psi = 0, \partial \Psi / \partial Y = 0, \partial \Theta / \partial Y = -\text{Ki}$

Здесь  $\text{Ki} = -\frac{QL}{\lambda \Delta T}$  – число Кирпичёва.

Полученные уравнения (1)–(3) с соответствующими начальными и граничными

условиями решались методом конечных разностей. Значения завихренности скорости на твердых стенках и на источнике энергии определялись на основе формулы Пирсона [2]. Для численного решения уравнений параболического типа (2) и (3) применялась локально-одномерная схема Самарского, позволяющая плоскую задачу свести к системе одномерных задач. Дискретизация уравнения Пуассона (1) проводилась на основе формул симметричной аппроксимации вторых производных. При этом полученное разностное уравнение разрешалось методом последовательной верхней релаксации. Разработанный метод решения тестировалась ранее на других задачах [3,4].

Для выявления основных закономерностей теплопереноса в условиях смешанной конвекции был проведен анализ влияния интенсивности тепловыделения источника ( $Ki = 1-5$ ), параметра изменения вязкости  $C$  в законе  $\mu = \mu_0 \exp\left[-C \frac{T - T_0}{\Delta T}\right]$ , а также числа Прандтля и Рэлея.

## Результаты

Моделирование было проведено для широкого диапазона изменения определяющих параметров. При рассмотрении задачи активного охлаждения важнейшее влияние на процесс оказывает интенсивность тепловыделения на источнике. В свете этого были рассмотрены различные значения числа Кирпичёва ( $Ki = 1-5$ ). Рассмотрим некоторые полученные результаты.

На рисунке 2 показаны поля изолиний функции тока и температуры при  $Ki = 1$  и фиксированных параметрах  $Ra = 10^4$ ,  $Pr = 0.7$ ,  $C = 1$ ,  $Re = 100$ .

По распределению изолиний видно, что в полости образуется насквозь проходящее течение. Тепловой факел, формирующийся над источником, «выдувается из канала» за счет действия активного потока.

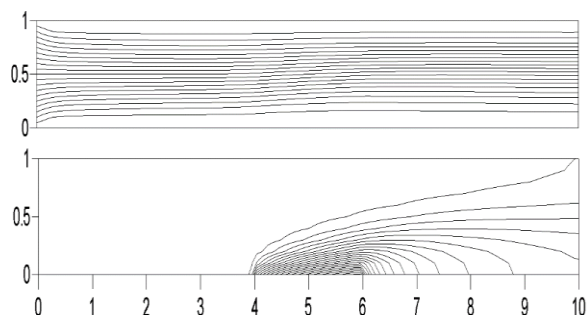


Рис. 2 Изолинии и поле температуры при ( $Ki = 1$ )

При увеличении числа Кирпичёва наблюдается усложнение картины течения в полости (рис. 3). Над источником энергии образуются дополнительные вихри. Теплосъем с поверхности нагревателя при этом увеличивается.

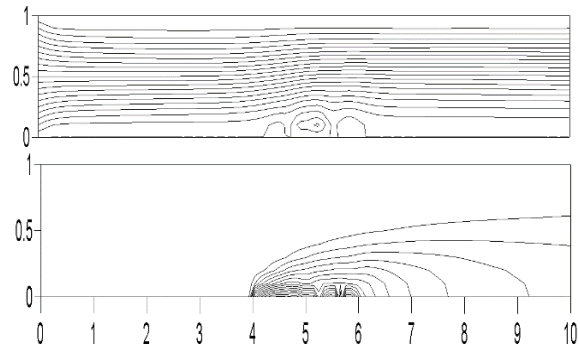


Рис. 3. Линии тока и изотермы при  $Ki = 3$

При дальнейшем увеличении числа Кирпичёва наблюдается ещё более сильное возмущение течения у источника. Теплосъем с поверхности источника при этом увеличивается.

## Заключение

Было проведено математическое моделирование системы активного охлаждения источника тепловыделения. Теплоперенос в данном случае происходит за счёт смешанной конвекции. По приведенным результатам можно отметить, что увеличение мощности источника приводит к значительному изменению течения в канале.

## Список использованных источников

1. Salma Gharbi, Souad Harmand, Sadok Ben Jabrallah. Experimental comparison between different configurations of PCM based heat sinks for cooling electronic components // Applied Thermal Engineering. – 2015. – Vol. 87. – P. 454–462.
2. Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов Л.А. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. – М.: Наука, 1984. – 288 с.
3. Astanina M.S., Sheremet M.A., Umavathi J.C. Unsteady natural convection with temperature-dependent viscosity in a square cavity filled with a porous medium // Transport in Porous Media. – 2015. – Vol. 110. – No. 1. – P. 113–126.
4. Astanina M.S., Sheremet M.A. A transient free convection study with temperature-dependent viscosity in a square cavity with a local heat source// IOP Conf. – Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2016. – 124 012039.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания 13.9724.2017/БЧ



## THE PROCESSING OF HETEROGENEOUS DATA FOR MULTISENSOR SYSTEMS OF TECHNICAL VISION ON THE EXAMPLE OF ANALYSIS OF TEMPERATURE AND GAS CONCENTRATION

R.A. Bagutdinov  
Tomsk Polytechnic University  
bagutdinov@tpu.ru

### Introduction

In circumstances that prevent visibility for underwater robots operating near the bottom, when the movement of the robot causes precipitation and water turbidity; in extreme cases in a smoke-free environment; when the workplace is polluted in the workplace and other circumstances, supervisory control is often applied, which is reduced to the periodic task of the operator performing the next elementary operation that is performed only after the visibility is restored, resulting in the problem of qualitative data acquisition. In such cases it is advisable to use multi-sensory vision systems (STV), where attention is focused on the quality of the data obtained. Successful solution of this problem will lead to significant progress in a wide range of applied problems due to increasing the accuracy, efficiency and reliability of such systems.

One of the actual tasks that can be solved using STV methods in robotics, using specialized sensors, is the determination of the temperature and concentration of gases in an enclosed space. Determination of the source of leakage of a number of gases has a high value in the elimination of accidents. Theoretical methods of this study are based on:

- digital image processing;
- pattern recognition;
- discrete transformations;
- system analysis.

The heterogeneous and multiscale data obtained from the gas analyzer contain information on the composition of the gas sweep of various gases, the amount of these data increases with the number of the sensors themselves, as a result, for the experiment in question, the gas concentrations were obtained at each of the ten key points. In turn, the data obtained from the thermal imager have graphical information and information on the nature of temperature changes at key points.

The following hypothesis is suggested: the data obtained from the gas analyzer should have a linear dependence on the heat distribution, which follows from the properties of the gas whose physical state is directly influenced by its temperature indexes.

Within the framework of this work, an experiment was conducted to determine the relationship between the thermal imager and the gas analyzer in real time. On the basis of a comparison of the experimental data obtained, an algorithm is proposed for determining the thermal losses of a gas in a gaseous mixture of arbitrary composition in a closed region due to thermal

conductivity and thermal radiation from temperature and concentration sensors.

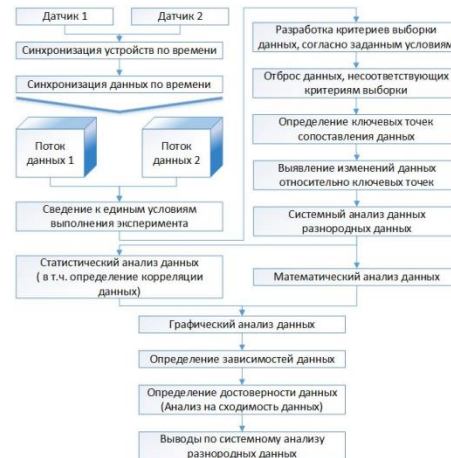


Fig. 1. Algorithm for processing heterogeneous data for a multi-sensory system of technical vision.

For the experiment, a prerequisite was the condition for setting up synchronization and calibration of two sensors (gas analyzer and thermal imager), determining the type of data and sample size, and classifying the data. 10 measurements were made in 50 time intervals to track the dynamics of the state changes, the grouping of the obtained data was carried out by time slices. The temperature spread is from 25 ° C to 140 ° C corresponding to the gas state of NO<sub>2</sub>.

In areas with insufficient data from the analyzer carried approximation conventional central difference scheme of the "cross" and the decision to have defined an iterative method of Gauss-Seidel. In this case, the approximation is used to bring the data to a single common scale. The key values of the data from the gas analyzer were compared with the image obtained from the thermal imager by imposition of images.

Existing methods for calculating the heat transfer of different gases operate only with information obtained from one sensor and a priori knowledge (gas mixture composition, heat capacity, fractional component ratio). In contrast, the developed algorithm uses heterogeneous information flows from two time-synchronized sensors and makes it possible to draw a conclusion about the characteristics of the analyzed gas already on the basis of statistical analysis in real time. All sensors are static, one thermal imager and ten sensors with a gas analyzer. The thermal imager is suspended in the center of the room under the ceiling, for maximum coverage of the room. Gas alarm sensors are placed evenly over the entire surface of the ceiling. The measurement interval is 15 seconds. Measurement

range NO<sub>2</sub> - 1000 ppm. Reduced measurement error (except for O<sub>2</sub>) - 5%; According to the data obtained in the course of the experiment, a direct correlation of the readings of the temperature and concentration sensors was revealed, which indicates a diffusion process close to isothermal.

The validity of the conclusions regarding the effectiveness of the proposed system is confirmed by statistical modeling and experimental-methodological processing of real results. The verification of this simulation model was carried out by experiment.

## Conclusion

An algorithm has been developed that uses heterogeneous information flows from two time synchronized devices that allows us to make a conclusion about the characteristics of the analyzed gas already on the basis of statistical analysis in real time, in contrast to existing traditional methods that operate on information obtained from one sensor and a priori knowledge.

It was found that the correlation coefficient between the readings of the concentration and temperature sensors reflects losses of NO<sub>2</sub> by thermal conductivity and thermal radiation in the gas mixture, these heat losses are equal to 12% of the initial heat quantity for the data obtained during the experiment. This confirms the proposed hypothesis about the possibility of calculating the thermal losses from the data of the temperature and concentration sensors of the gas mixture.

The results of the research are applicable in the field of monitoring and processing of heterogeneous data to improve the efficiency of work performed with the help of STV, in modeling situations requiring rapid response, such as: accident elimination, modeling of evacuation of people from buildings in emergency situations, simulating situations in terrorist attacks.

## Bibliography

- [1] Adilov R. Research and development of methods for analyzing multi-degradation raster images in vision systems: Dis. Cand. tech. Sciences: 05.13.17 / Penza, 2005.
- [2] Bagutdinov R. A. Approach to algorithmization of adaptive vision systems used in robotics / In the collection: Fundamental and applied scientific research: current issues, achievements and innovations. Collection of articles of the winners of the IV International Scientific and Practical Conference. 2017. P. 20-22.
- [3] Vorotnikov S. A. Information devices of robotic systems. Moscow: ed. MSTU him NE Bauman, 2005.
- [4] Klevalin V. A. , Polivanov A. Yu. Digital recognition methods in vision systems of industrial robots // Mechatronics, Automation, Control, 2008, No. 5.- C. 56-56.
- [5] Ostrovsky O. A. Forensic portraits on video images, as a form of identification. In the collection: The Eleventh International Conference on the Eurasian scientific development Proceedings of the Conference. Editor Jana Ilyna, Russia. 2016. P. 176-179
- [6] Popov E. P., Pismenny G.. Fundamentals of Robotics: Introduction to the specialty. Textbook. allowance for universities on spec. «Robototechn. Systems and complexes ". M: Higher School., 1990.- 224 p.
- [7] Semin, M. S. Applied problems solved with the help of systems of technical vision Text. / M.S. Semin // Special equipment. 2002.-№6. With 12-17.
- [8] Fedotkin I.M. Mathematical modeling of technological processes. Librocom, 2011.-416 p.
- [9] Yurevich E. I. Sensor systems in robotics: Textbook. allowance / EI Yurevich. - St. Petersburg. : Publishing house Polytechnic. Univ., 2013. - 100 p.
- [10] Bagutdinov R.A., Zakharova A.A. The task adaptation method for determining the optical flow problem of interactive objects recognition in real time // Journal of Physics: Conference Series. — 2017. — Vol. 803 : Information Technologies in Business and Industry (ITBI2016).
- [11] Bagutdinov R.A., Narimanov R.K. The calculating the fet based schottky hydrodynamic model // The First European Conference on Informational Technology and Computer Science 2015. C. 17-22.
- [12] Nebaba, S.G., Zaharova, A.A., Andreev, S.J. Automatic estimation of the face angle in the frame and transformation of images into zero rotation angles (2015) Scientific Visualization, 7 (4).
- [13] Savitskiy, Yu.V., Nebaba, S.G., Spitsyn, V.G., Andreev, S.Yu., Makarov, M.A. Analysis of methods of features extraction from image of human face for identification (2016) Scientific Visualization, 8 (2), pp 107-11

## ЕСТЕСТВЕННАЯ КОНВЕКЦИЯ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ

Бондаренко Д.С.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., доцент Шеремет М.А.  
Томский государственный университет  
e-mail: [whiteink@bk.ru](mailto:whiteink@bk.ru)

### Введение

Естественная конвекция ньютоновских и неньютоновских жидкостей в прямоугольных полостях реализуется в различных технических приложениях, таких как бурение нефтяных скважин, производство целлюлозной бумаги, пищевая промышленность и полимерная инженерия. Псевдопластические жидкости используются в компактных теплообменниках или электронных модулях в качестве охлаждающей среды.

### Постановка задачи

В настоящей работе моделируются режимы естественной конвекции неньютоновской степенной жидкости в замкнутой дифференциально-обогреваемой квадратной полости (рис. 1, где  $L=H$ ).

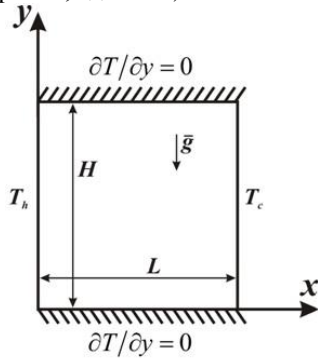


Рис 1. Область решения задачи

Дифференциальные уравнения, описывающие анализируемый процесс в приближении Буссинеска в размерных величинах «скорость-давление» имеют следующий вид:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} \right) + g\beta(T - T_c) \quad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

Для описания неньютоновского характера течения применяется степенной закон Оствальда-де-Вилла:

$$\tau_{ij} = 2\mu_{eff} D_{ij} = 2K (2D_{kl} D_{kl})^{\frac{n-1}{2}} D_{ij} \quad (5)$$

Для описания гидродинамики внутри полости используются дифференциальные уравнения в безразмерных преобразованных переменных «функция тока – завихренность»:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} = -\Omega \quad (6)$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial \tau} + U \frac{\partial \Omega}{\partial X} + V \frac{\partial \Omega}{\partial Y} = \left( \frac{Ra}{Pr} \right)^{\frac{n-2}{2}} \left[ \nabla^2 (M^* \Omega) + S_{\Omega} \right] + \frac{\partial \Theta}{\partial X} \quad (7)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + U \frac{\partial \Theta}{\partial X} + V \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = \frac{1}{\sqrt{Ra \cdot Pr}} \left( \frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} \right) \quad (8)$$

где безразмерная эффективная вязкость  $M^*$  и дополнительная функция  $S_{\Omega}$  имеют следующий вид:

$$M^* = \left[ 2 \left( \frac{\partial U}{\partial X} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial V}{\partial Y} \right)^2 + \left( \frac{\partial U}{\partial Y} + \frac{\partial V}{\partial X} \right)^2 \right]^{\frac{n-1}{2}} \quad (9)$$

$$S_{\Omega} = 2 \left[ \frac{\partial^2 M^*}{\partial X^2} \frac{\partial U}{\partial Y} - \frac{\partial^2 M^*}{\partial Y^2} \frac{\partial V}{\partial X} + \frac{\partial^2 M^*}{\partial X \partial Y} \left( \frac{\partial V}{\partial Y} - \frac{\partial U}{\partial X} \right) \right] \quad (10)$$

Здесь  $X, Y$  – безразмерные декартовы координаты;  $U, V$  – безразмерные составляющие вектора скорости в проекции на оси;  $\Theta$  – безразмерная температура;  $\Psi$  – безразмерная функция тока;  $\Omega$  – безразмерная завихренность.

Критерии подобия системы:  $Ra = \frac{g\beta\Delta TL^3}{\nu a}$  – число

Рэлея,  $Ra = \frac{\nu}{a}$  – число Прандтля. Эффективный коэффициент вязкости  $\mu_{eff}$  получен из соотношения вида:

$$\mu_{eff} = K \left( \sqrt{\frac{g\beta\Delta T}{L}} \right)^{n-1} M^* \quad (11)$$

Граничные условия для системы (6)–(8) в безразмерном виде:

$$X = 0, 0 \leq Y \leq 1, \Psi = 0, \frac{\partial \Psi}{\partial X} = 0, \Theta = -0.5;$$

$$X = 1, 0 \leq Y \leq 1, \Psi = 0, \frac{\partial \Psi}{\partial X} = 0, \Theta = 0.5;$$

$$Y = 0, 0 \leq X \leq 1, \Psi = 0, \frac{\partial \Psi}{\partial Y} = 0, \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = 0;$$

$$Y = 1, 0 \leq X \leq 1, \Psi = 0, \frac{\partial \Psi}{\partial Y} = 0, \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = 0.$$

Полученные уравнения (6)–(8) с соответствующими начальными и граничными условиями решались методом конечных разностей на равномерной сетке 100\*100. Дискретизация уравнения Пуассона (6) проводилась на основе формул симметричной аппроксимации вторых производных. При этом полученное разностное уравнение разрешалось методом последовательной верхней релаксации.

Для численного решения уравнений (7) и (8) применялась локально-одномерная схема Самарского, позволяющая плоскую задачу свести к системе одномерных задач. Аппроксимация конвективных слагаемых проводилась на основе второй схемы с разностями против потока. Определение значений завихренности скорости и температуры в полученных разностных уравнениях производилось с помощью метода прогонки.

## Результаты

Моделирование было проведено в широком диапазоне изменения показателя степени неньютоновской жидкости  $n$ . В следующей таблице приведены средние значения числа Нуссельта  $Nu$  в зависимости от показателя степени  $n$ .

Таблица 1. Значение числа Нуссельта в зависимости от показателя поведения жидкости

$n$	Полученные результаты	Данные [2]	Данные [3]
0.8	5.6201	5.5127	–
1.0	4.7662	4.6993	4.741
1.2	4.2227	4.1709	–
1.4	3.8464	3.7869	3.770

Анализ физического процесса проводился также на основе полученных распределений изолиний функции тока, приведенных на следующих рисунках.

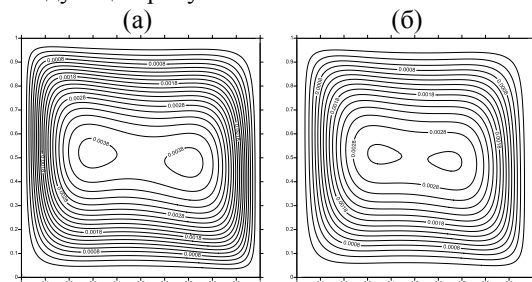


Рис. 2. Линии тока при  $n=1.0$  (а),  $n=1.4$  (б)

Из рис. 2. можно видеть конфигурацию изолиний функции тока в рассматриваемой полости. На левой стенке среда нагревается, становится легче и поднимается вверх. Достигая правой стенки, жидкость остывает, становится тяжелой и опускается вниз. Также можно наблюдать уменьшение скорости течения с увеличением показателя степени  $n$ , вследствие роста вязкости неньютоновской среды. Полученные распределения сравнивались с результатами других авторов (рис. 3).

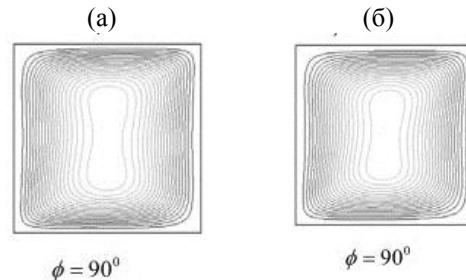


Рис. 3. Линии тока при  $n=1.0$  (а),  $n=1.4$  (б) [5]

Полученные результаты наглядно показывают, что разработанная вычислительная модель и численный алгоритм приводят к хорошему согласованию с данными других авторов.

## Заключение

В рамках проведенных исследований установлено, что среднее число Нуссельта на нагреваемой стенке является нелинейной функцией показателя степенного закона неньютоновской жидкости. Увеличение показателя  $n$  приводит к снижению скорости циркуляции среды внутри полости, вследствие роста эффективной вязкости.

## Список использованных источников

1. Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов Л.А. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. – М.: Наука, 1984. – 288 с.
2. Khezzar L. Natural convection of power law fluids in inclined cavities / L. Khezzar, D. Siginer, I. Vinogradov // International Journal of Thermal Sciences. – 2012. – Vol. 53. – Pp. 8-17.
3. Sojoudi A. Steady natural convection of non-Newtonian power law fluid in a trapezoidal enclosure/ Sojoudi A., Saha S.C., Gu Y.T., Hossian M.A. // Advances in Mechanical Engineering. – 2003. – Vol. 5. Article ID 653 108. – P. 8.

Работа выполнена в рамках реализации проекта Российского научного фонда (соглашение № 17-79-20141).



## МИНИМИЗАЦИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ АМПЛИТУДНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКОМ НАБЛЮДЕНИИ СИГНАЛА

Брашеван Н.С.

Научный руководитель: Заревич А.И., к.т.н., доцент кафедры СУМ ИК  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
brashewan@yandex.ru

### Введение

С момента начала электрических измерений, актуальной является задача максимального увеличения их точности. За прошедшее столетие измерительная техника в своем развитии достигла максимальных пределов точности и предельно широких диапазонов значений измеряемых физических величин.

Современный осциллограф является комплексным многофункциональным измерительным прибором и предоставляет следующие возможности – анализатор спектра, вольтметр, генератор сигналов заданной формы и др. Однако, несмотря на широкие возможности осциллографа, в силу его универсальности он обладает существенно низкими метрологическими характеристиками. Во многом низкие метрологические характеристики обусловлены быстродействующими АЦП малой разрядности, с использованием широкополосных измерительных усилителей и делителей. Таким образом, существует проблема между универсальностью прибора и его метрологическими характеристиками. Актуальность обусловлена необходимостью повышения точности осциллографа, как универсального прибора.

Для повышения точности измерений необходима минимизация погрешности прибора. При этом, мы имеем возможность определить систематическую составляющую погрешности и её уменьшить путём введения соответствующих поправок к показаниям прибора. Для этого необходимо экспериментально получить таблицу поправок.

### Описание эксперимента

При выполнении работы использовались следующие оборудование, инструменты и программное обеспечение:

- цифровой осциллограф Акском АСК-2041;
- вольтметр В7-46/1;
- генератор-калибратор Fluke 5520A;
- набор кабелей для соединения приборов;
- персональный компьютер с операционной системой Microsoft Windows 7;
- программный пакет Matlab.

Для калибровки амплитудной характеристики аналого-цифрового преобразователя необходимо иметь перестраиваемый источник постоянного

напряжения, тестируемое устройство и образцовое средство измерения – вольтметр [1].

Поскольку основной погрешностью цифрового осциллографа является аналого-цифровой преобразователь, то тестирование проводилось комплексно.

С генератора-калибратора подаем заранее заданное значение напряжения постоянного тока на измерительные каналы цифрового осциллографа, параллельно соединенного с вольтметром. На дисплее осциллографа наблюдаем сигнал и записываем на USB – накопитель. Фиксируем значение напряжения на вольтметре и записываем в журнал эксперимента.

В соответствии с предложенной процедурой была составлена схема экспериментальной установки. Она представлена на рисунке 1.

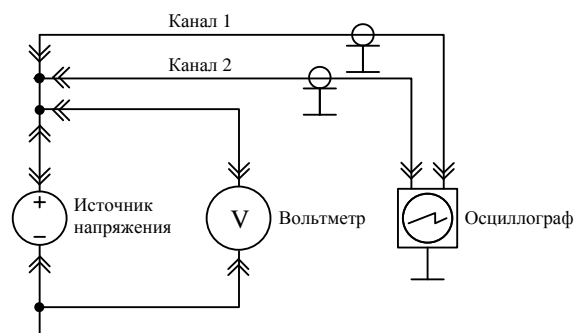


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Поскольку эксперимент является многофакторным и имеет 308 вариантов измерений, необходимо ограничить факторность эксперимента.

Таблица 1. Матрица эксперимента

Развёртка горизонт./вертикал.	1 В	10 мВ
10 мкс/дел	1 В, 10 мкс	10 мВ, 10 мкс
100 мкс/дел	1 В, 100 мкс	10 мВ, 100 мкс

Измерения проводились в полной шкале, что составило 101 опыт. Поскольку количество экспериментов четыре и два канала осциллографа, общее количество опытов составило 808. Объем выборки 4000 отсчетов, обусловлено техническими характеристиками осциллографа.

Для получения таблицы поправок, были использованы формулы абсолютной и приведенной погрешности [2].

Алгоритмы обработки экспериментальных данных реализован в соответствии с ГОСТ [3].

При статистической обработке группы результатов прямых многократных измерений выполняют следующие операции [2]:

1. исключают известные систематические погрешности из результатов измерений;
2. вычисляют оценку измеряемой величины;
3. вычисляют среднеквадратическое отклонение результатов измерений;
4. проверяют наличие грубых погрешностей и при необходимости исключают их;
5. проверяют гипотезу о принадлежности результатов измерений нормальному распределению;
6. вычисляют доверительные границы случайной погрешности оценки измеряемой величины;
7. вычисляют доверительные границы не исключенной систематической погрешности оценки измеряемой величины;
8. вычисляют доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины.

#### **Результаты эксперимента**

В работе были получены следующие результаты.

Показано, что основным источником систематической погрешности в осциллографе является аналогово-цифровой преобразователь, поскольку в нём происходит наиболее существенное искажение формы сигнала – сигнал квантуется по времени и по уровню.

Выявлено, что в преобразователях постоянного тока существуют четыре погрешности: погрешность смещения, погрешность усиления и два вида ошибок линейности (дифференциальная и интегральная).

Опираясь на известные методики была описана процедура эксперимента, выбрана структурная схема экспериментальной установки, определен состав используемого экспериментального оборудования.

Проведены рассуждения, лежащие в основе ограничения факторности эксперимента, выбраны конкретные факторы.

В работе выполнены экспериментальные исследования по определению амплитудных характеристик измерительных каналов цифрового осциллографа.

Проведена статистическая обработка результатов на основе стандартизированного алгоритма обработки результатов прямых многократных измерений.

Получены таблицы поправок к амплитудным характеристикам измерительных каналов

осциллографа, рассчитаны погрешности этих поправок.

Всего в эксперименте было проанализировано 808 файлов, соответствующих своим настройкам цифрового осциллографа и уровню подаваемого на его входы постоянного напряжения. Объем выборки в каждом опыте составляет 4000 отсчетов.

Обнаружено, что для вертикальной чувствительности измерительных каналов 1 В/дел, значения поправок составляют порядка 20 мВ при приведенной погрешности 0,5 %. Для вертикальной чувствительности измерительных каналов 10 мВ/дел значения поправок составляют порядка 1,5 мВ при приведенной погрешности 4 %. Зависимость величин поправок от горизонтальной развертки для исследуемых значений 100 мкс/дел и 10 мкс/дел статистически не достоверно.

#### **Заключение**

Таблица поправок, полученная в настоящей работе применима к измерениям напряжения постоянного тока. Для использования в задачах измерения мгновенных значений напряжения переменного тока нужно учитывать частотную и амплитудную зависимость данных поправок. А именно амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики нелинейных компонентов прибора. Применение полученных поправок возможно к сигналу напряжения переменного тока, однако предварительно он должен пройти через фильтр нижних частот. В таком случае можно применить поправки полученные в настоящей работе. Однако данное утверждение требует дополнительных доказательств, выходящих за рамки настоящей работы.

#### **Список использованных источников**

1. Кестер У. «Аналого-цифровое преобразование»: Москва: Техносфера, 2007. – 1016 с.
2. Спиридонова А.С., Наталинова Н.М. Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации: учебное пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 135 с.
3. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).

## РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ ДЛЯ ПОИСКА АССОЦИАЦИЙ ВНУТРИ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ

О. А. Голуб, П. А. Хаустов

Томский политехнический университет  
taube03@yandex.ru

### Введение

«Кодовые имена» — настольная игра, придуманная Владей Хватилом и опубликованная в 2015 году издательством «Czech Games Edition». В России локализована издательством «GaGa Games» [1].

На сегодняшний день реализованы приложения для игры в «Кодовые имена» на мобильных устройствах. Однако их недостатком является невозможность играть в оригинальные правила количеством меньше четырёх человек. Возможным решением проблемы является написание искусственного интеллекта для игры.

Таким образом, целью работы является применение алгоритмов поиска ассоциаций внутри языковой модели к разработке игрового приложения «Кодовые имена» на платформе Android.

### Исследования в области ассоциаций

Словесная ассоциация — это закономерно возникающая связь между отдельными понятиями, отражённая в сознании индивида в виде связи между словами, обозначающими эти понятия, и закреплённая в его памяти. Существуют алгоритмы, пригодные для машинного анализа текстов и выявления в них ассоциаций. Эти алгоритмы зависят от вида искомых ассоциаций [2]. Различают два вида словесных ассоциаций [3]:

Синтагматические ассоциации — это пары слов, часто разной части речи, которые часто встречаются в предложении вместе. Например, в предложении «Мальчик идёт в школу» можно выделить такие пары синтагматических ассоциаций как «мальчик» и «школа», а также «идти» и «школа».

Парадигматические ассоциации — это пары слов одной части речи, которые являются антонимами или синонимами и обозначают схожие понятия. Например, можно выделить такие парадигматические ассоциации как «идти» и «бежать», которые являются близкими по значению понятиями, или же «мальчик» и «девочка», которые можно назвать антонимами.

В зависимости от типа ассоциаций различаются алгоритмы их обнаружения в тексте [4].

Для нахождения синтагматических ассоциаций тексты рассматриваются с помощью метода скользящего окна. Пары слов, находящиеся в одном окне, увеличивают свою степень ассоциативности.

После нахождения синтагматических ассоциаций каждому слову сопоставляется вектор его ассоциаций. Затем с помощью сравнения векторов находятся пары слов, связанные парадигматическими ассоциациями.

### Проектирование приложения

Для реализации приложения была выбрана клиент-серверная архитектура. Серверу назначались следующие функции:

- хранение базы данных слов и ассоциаций;
- генерация начального состояния поля;
- принятие решения о ходе игрока-бота;
- принятие решения о ходе капитана-бота.

На сервере была размещена база данных, содержащая слова и ассоциации (рисунок 1).

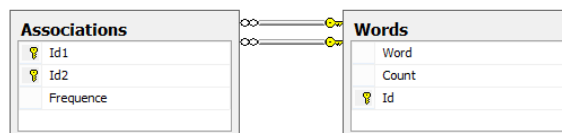


Рис. 1. Схема базы данных

Для создания базы ассоциаций был выбран британский национальный корпус. Британский национальный корпус — это корпус текстов из ста миллионов слов, содержащий образцы письменного и разговорного британского английского языка из широкого круга источников [5].

### Алгоритм создания базы данных

Алгоритм можно разбить на несколько этапов:

1. Исключение из рассмотрения служебных частей речи.
2. Лемматизация слов.
3. Подсчёт статистики отдельных слов и ассоциаций.
4. Фильтрация слов по частоте.
5. Выделение синтагматических ассоциаций.

В сравнении с эталонным алгоритмом [4] была изменена метрика схожести двух слов. Новая метрика пропорциональна частоте встречаемости данной пары слов в тексте и обратно пропорциональна частоте встречаемости данных двух слов по отдельности. Это позволяет использовать получившийся коэффициент как вероятность применения данной ассоциации игроком.

6. Выделение парадигматических ассоциаций. В сравнении с эталонным алгоритмом было увеличено быстродействие. Асимптотика исходного алгоритма составляла  $O(n^3 * \log_2 n)$ , где

$n$  – количество выбранных слов. Для увеличения быстродействия перебирались не все пары слов и все коэффициенты, а только пары слов, имеющие совпадающие ассоциации. Также пропускались коэффициенты, равные нулю. Асимптотику получившегося алгоритма можно оценить как  $O(n^3)$ , однако в реальности можно использовать оценку  $O(n^2)$ .

### Проектирование серверной части

Серверная часть реализует три запроса.

1. Генерация начального состояния поля. Все характеристики поля генерируются случайным образом.

2. Принятие решения о ходе игрока-бота. Бот выбирает из доступных слов на поле наиболее подходящее под данную ассоциацию.

3. Принятие решения о ходе капитана-бота. В процессе работы бот выбирает слово-ключ с максимальным математическим ожиданием количества набранных за него очков. Алгоритм имеет следующие шаги:

а) Максимальное математическое ожидание количества полученных очков принимается равным нулю.

б) Перебираются все слова на поле. Если слово уже открыто или не принадлежит команде капитана, осуществляется переход к другому слову к шагу б.

в) Перебираются слова-кандидаты на ответ, имеющие наиболее высокую степень ассоциации с текущим словом на поле. Если у текущего слова на поле больше нет слов-ассоциаций, или их степень ассоциации не превышает установленного порога, осуществляется переход к шагу б.

г) Вычисляется оптимальное количество слов для этого слова-кандидата. Вычисляется математическое ожидание количества полученных очков для текущего слова-кандидата. Если оно превышает максимальное математическое ожидание среди ранее найденных, то текущее слово-кандидат и количество очков, которые могут быть получены за него, заносятся в ответ.

д) Возвращается ответ.

Далее необходимо описать алгоритм вычисления математического ожидания получаемых очков и количества слов, называемых с текущим словом-кандидатом. Алгоритм основан на идее динамического программирования.

а) Выбираются все неоткрытые слова на доске, имеющие ненулевую степень ассоциации со словом-кандидатом.

б) Для каждого подмножества выбранных слов считаются следующие величины:

- количество слов в подмножестве;
- вероятность выбора игроком этого подмножества слов;
- количество очков, полученное за это подмножество слов;
- вероятность окончания хода игроком при достижении этого подмножества.

3. Для каждого выбранного количества слов подсчитывается математическое ожидание количества набранных очков. Для этого складываются следующие величины:

– математическое ожидание количества набранных очков, если игрок сделал ровно указанное количество ходов;

– математическое ожидание количества набранных слов, если игрок прервал ход заранее.

### Заключение

На сегодняшний день реализована как серверная, так и клиентская часть, приложение успешно работает (рисунок 2). Ассоциации, найденные ботом, осмысленны, встречаются случаи победы команды ботов над командами людей.

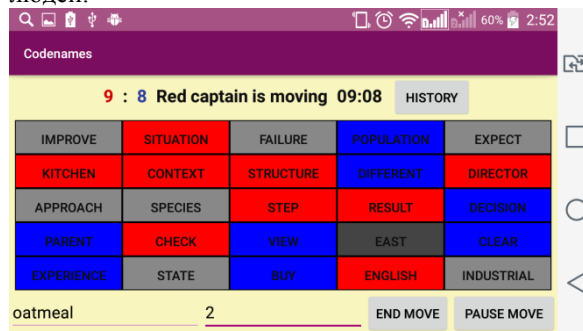


Рис. 2. Работа приложения

### Список использованных источников

1. Правила игры Codenames [Электронный ресурс]: Издательство GaGa Games (ООО «ГаГа Трейд»). – Режим доступа: [http://codenames-game.ru/assets/images/resources/Codenames%20russian%20rules%20\(compressed\).pdf](http://codenames-game.ru/assets/images/resources/Codenames%20russian%20rules%20(compressed).pdf), свободный. – Загл. с экрана.
2. Виды ассоциаций [Электронный ресурс]: Сеть словесных ассоциаций. – Режим доступа: <https://wordassociations.net/ru/kinds>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Paradigmatic and syntagmatic [Электронный ресурс]: 2016 Encyclopedia.com. – Режим доступа: <http://www.encyclopedia.com/social-sciences-and-law/sociology-and-social-reform/sociology-general-terms-and-concepts-49>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Rapp, Reinhard (2002). The computation of word associations: Comparing syntagmatic and paradigmatic approaches. In Proceedings of COLING 2002, Taipei, Taiwan.
5. BNC – The British National Corpus. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.natcorp.ox.ac.uk>, свободный. – Загл. с экрана.



## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ МЕТАДААННЫХ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

М. Ю. Губин, М. А. Григорьева, М. В. Голосова,  
Томский политехнический университет, НИЦ «Курчатовский институт»  
mgubin@tpu.ru

### Введение

Современные научные эксперименты часто являются длительными, географически распределёнными, требуют обработки и хранения большого количества собранных научных данных (порядка петабайт и эксабайт) в течение всего времени проведения эксперимента.

Порождаемые на всех стадиях жизненного цикла эксперимента данные сопровождаются метаданными, необходимыми для отслеживания хода эксперимента, обеспечения целостности экспериментальных данных, а также для обеспечения воспроизводимости эксперимента в будущем.

В большинстве научных сообществ метаданные, описывающие цепочки анализа и обработки данных, и метаданные о публикации научных результатов создаются и хранятся независимо друг от друга, часто - в различных хранилищах. Кроме того, чтобы воспроизвести или подтвердить результаты уже проведенного эксперимента, ученым бывает необходимо провести исследования при тех же условиях, проверить результаты обработки наборов данных новой версией программного обеспечения, или опробовать новые алгоритмы. Это приводит к необходимости длительно хранить и иметь возможность анализировать большое количество разнородных метаданных, начиная от выдвигаемой гипотезы и цепочки преобразования данных, и до публикации результатов.

Целью нашей работы является разработка системы интеграции метаданных научного эксперимента, которая призвана предоставить через единый интерфейс доступ ко всем метаданным, которые были порождены за все время проведения эксперимента, и обеспечить поиск и анализ метаданных различных типов и полученных из разнородных источников в пределах одного поискового запроса.

### Описание системы интеграции метаданных

Решение проблемы интеграции разнородных метаданных из различных источников требует использования хранилища, рассчитанного на работу с сильно связанными данными со сложной структурой, часто подвергающейся изменениям.

В качестве основы такого хранилища была выбрана онтологическая база данных OpenLink Virtuoso, поскольку в тестах производительности и масштабируемости на объемах данных, сравнимых с предполагаемыми объемами метаданных научного эксперимента, оно показало хорошие результаты. По данным сравнительного анализа,

проведенного с помощью Berlin SPARQL Benchmark (BSBM), Virtuoso выигрывает у своих ближайших конкурентов (BigData, BigOWLIM и TDB) по количеству различных запросов от одного и от многих (до 64-х) клиентов, выполненных за 1 час, а также по количеству запросов в секунду, выполненных на различных объемах данных (100 млн., 200 млн., 1 млрд. триплетов). [5]

Архитектура разработанного хранилища метаданных представлена на рисунке 1.

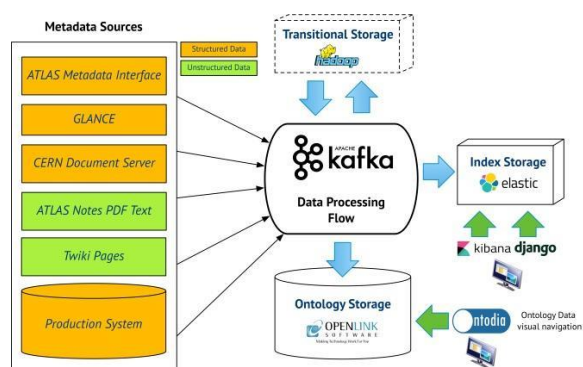


Рис.1. Архитектура хранилища метаданных

Система собирает метаданные из множества разнородных источников (CERN Document Server, InSpire, страниц Twiki и JIRA, системы планирования совещаний Indico, баз данных JEDI, DEFT и Rucio) с применением системы потоковой обработки данных Kafka. Данные, требующие вычислительно тяжелой предварительной обработки, помещаются в промежуточное распределённое хранилище на базе стека технологий Apache Hadoop, где производится их подготовка и преобразование в формат, подходящий для загрузки в центральное онтологическое хранилище Virtuoso. Но основная часть данных обрабатывается в потоковом режиме и загружается в Virtuoso, минуя промежуточное хранилище, что позволяет сократить время обработки. Потокковая обработка данных управляется средствами Apache Kafka. Данные, к которым требуется быстрый и частый доступ с целью их простого анализа, индексируются в системе полнотекстового поиска Elasticsearch. Для визуализации данных на промежуточном этапе их обработки используется Kibana, а для представления их конечному пользователю применяется Ontodia – специализированный инструмент для навигации по онтологическим данным.[3]

### Онтология эксперимента ATLAS

В качестве механизма интеграции разнородных данных в единую связанную систему был выбран набор подходов Semantic Web. Для каждого эксперимента, который будет использовать хранилище, необходима разработка специализированной онтологии предметной области, которая описывает связи между информацией из разнородных источников, и позволяет производить автоматизированную интеграцию поступающей информации в единое связанное целое.

Разработанная онтологическая модель описывает структуру связей между важными для описания хода научного эксперимента элементами предметной области, такими как научные публикации, черновики публикаций, журналы, данные об авторах документов, идентификаторы и описания научных данных, которые легли в основу публикации (такие, как имя набора данных, название проекта физического анализа и кампании обработки данных, название физической группы, выполнившей анализ, а также некоторые параметры оборудования, такие как тип столкновения и энергия столкновения). [1, 3] В дальнейшем набор общих атрибутов будет увеличиваться, что позволит обеспечить более сильную связность между метаданными.

Существующая онтология постоянно развивается и дорабатывается, чтобы отражать современное состояние предметной области и позволять осуществлять анализ данных, необходимый ученым, проводящим эксперимент, а также аналитикам.

### Адаптация существующей модели к новым экспериментам

Опыт разработки онтологической модели эксперимента ATLAS показал, что создание онтологий предметных областей является длительным процессом, требующим значительных трудозатрат.

Для снижения трудозатрат при разработке онтологической модели были рассмотрены подходы для автоматического построения моделей предметных областей. [6]

Модели предметной области, которые можно строить автоматически, часто генерируются с ошибками, которые в дальнейшем могут приводить к выдаче неправильных данных на запросы пользователей. Хотя данное направление является перспективным, на данном этапе его развития оно не дает выигрыша в разработке моделей предметных областей, для которых необходима высокая точность, удобство для пользователя, и отсутствие ошибок в структуре модели.

### Заключение

На данном этапе своего развития, DKB представляет собой прототип системы интеграции метаданных научного эксперимента, и уже реализованный функционал позволяет судить о перспективности исследуемого подхода к хранению метаданных. Можно ожидать, что полностью реализованное хранилище значительно упростит воспроизведение экспериментов, метаданные о которых были внесены в него, а также облегчит установление связи между публикациями в научных журналах и экспериментальными данными, на основе которых были выпущены эти публикации. Также стали видны и некоторые недостатки подхода, в частности необходимость разрабатывать подробную онтологию для каждой новой предметной области существенно замедляет реализацию хранилища.

Дальнейшее развитие DKB будет связано с расширением онтологической модели, подключением новых источников метаданных, разработкой сервисов и рабочих потоков обработки данных, тестированием подходов автоматической генерации моделей предметных областей, и усовершенствованием механизмов анализа PDF документов.

### Список использованных источников

1. M. A. Grigorieva, M. V. Golosova, M. Y. Gubin, A. A. Klimentov, V. V. Osipova, E. A. Ryabinkin Evaluating non-relational storage technology for HEP metadata and meta-data catalog [Electronic resource] // Journal of Physics: Conference Series. — 2016. — Vol. 762, iss. 1 : Advanced Computing and Analysis Techniques in Physics Research (ACAT2016). — [012017, 5 p.].
2. Allemang D., Hendler J. Semantic Web for the Working Ontologist: Effective Modeling in RDFS and OWL // Elsevier. — 2011. ISBN 978-0-12-385965-5.
3. Григорьева М., Голосова М., Рябинкин Е., Климентов А. Экзобайтное хранилище научных данных // Открытые системы. СУБД. — 2015. — Т.4. — С. 14-17
4. Erling O., Mikhailov I. RDF Support in the Virtuoso DBMS //Networked Knowledge-Networked Media. — Springer Berlin Heidelberg, 2009. — С. 7-24.
5. Berlin SPARQL Benchmark results [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://wifo5-03.informatik.uni-mannheim.de/bizer/berlinsparqlbenchmark/results/V7/index.html> свободный.
6. Balakrishna M., Moldovan D. I. Automatic Building of Semantically Rich Domain Models from Unstructured Data //FLAIRS Conference. — 2013.

## АНАЛИЗ БИОИНСПЕРИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ СОБЫТИЙ

Л. Р. Демиденко, Е. В. Соколова  
Научный руководитель: Е.А. Кочегурова  
Томский политехнический университет  
E-mail: evs56@tpu.ru

### Введение

Во многих фундаментальных науках, таких как химия, молекулярная биология и физика возникают задачи, сводящиеся к задачам непрерывной глобальной оптимизации. Особенности таких задач часто являются овражностью, недифференцируемость, нелинейность, многоэкстремальность, отсутствие аналитического выражения и высокая вычислительная сложность оптимизируемых функций, высокая размерность пространства поиска, сложная топология области допустимых значений и т. д.

Для этих задач отлично подходят биоинспирированные алгоритмы (алгоритмы, вдохновленные поведением объектов живой природы), которые рассмотрены в данной работе.

### Общий принцип работы биоинспирированных методов оптимизации

В биоинспирированных методах оптимизации заложен общий принцип решения исходной задачи:

1) Инициализация популяции. В области поиска тем или иным образом создаем некоторое число начальных приближений к искомому решению задачи — инициализируем популяцию агентов.

2) Миграция агентов популяции. С помощью некоторого набора миграционных операторов, специфических для каждого из популяционных алгоритмов, перемещаем агентов в области поиска таким образом, чтобы, в конечном счете, приблизиться к искомому экстремуму целевой функции.

3) Завершение поиска. Проверяем выполнение условия окончания итераций и, если оно выполнено, завершаем вычисления, принимая лучшее из найденных положений агентов популяции в качестве приближенного решения задачи. Если указанные условия не выполнены, возвращаемся к выполнению этапа 2.

### Алгоритмы, вдохновленные поведением светлячков

Алгоритм светлячков был разработан Янгом в 2007 г. Алгоритм основывается на следующей модели поведения светлячков:

- светлячки привлекают друг друга вне зависимости от своего пола;
- привлекательность светлячка для других особей пропорциональна его яркости;

- менее привлекательные светлячки перемещаются по направлению к более привлекательному светлячку;

- яркость излучения данного светлячка, видимая другим светлячком, уменьшается с увеличением расстояния между светлячками;

- если светлячок не видит возле себя светлячка более яркого, чем он сам, то он перемещается случайным образом.

Алгоритм работает по следующей схеме:

1) Инициализация начальной популяции светлячков, вычисление значения интенсивности в данных точках;

2) Если интенсивность  $j$ -го светлячка меньше, чем интенсивность  $i$ -го, то вычисляется привлекательность одного светлячка для другого,  $j$ -й светлячок перемещается в направлении  $i$ -го, обновляется интенсивность  $j$ -го светлячка;

3) Если условие окончания итераций не выполнено, то алгоритм переходит к шагу 2;

4) Производится сортировка светлячков;

5) Возвращается лучшая найденная позиция.

### Сорняковый алгоритм

Основным механизмом, определяющим динамику сообщества любых растений, является естественный отбор, из которого выделяют два крайних типа:  $r$ -отбор и  $K$ -отбор. Реальные стратегии отбора лежат между этими предельными типами.

Девизом  $r$ -отбора являются слова "живи быстро, размножайся быстро, умирай молодым". При  $r$ -отборе предпочтительны такие качества, как высокая плодовитость, маленький размер семян и приспособленность к рассеиванию их на большое расстояние.

$K$ -отбор использует принцип "живи медленно, размножайся медленно, умирай в старости". При  $K$ -отборе предпочтительны такие качества индивидов, как большой размер семян, длинная жизнь, небольшое потомство, за которым требуется интенсивный уход.

Схема алгоритма:

1) распределение конечного числа семян по всей области поиска (инициализация популяции);

2) производство выросшими растениями семян в зависимости от приспособленности растений (воспроизводство);

3) размещение произведенных семян в случайном порядке по области поиска (пространственное распределение);

4) повторение шагов 2, 3 до тех пор, пока не достигнут заданный максимум числа растений;

5) отбор растений с более высокой приспособленностью, их воспроизводство и пространственное распределение (конкурентное исключение);

6) повторение шага 5 до выполнения условия окончания процесса.

#### **Кукушкин поиск**

Алгоритм кукушкиного поиска (Cuckoo Search, CS) предложили Янг и Деб в 2009 г. Алгоритм вдохновлен поведением кукушек в процессе вынужденного гнездового паразитизма.

Некоторые виды кукушек откладывают яйца в коллективные гнезда вместе с другими кукушками и могут выбросить яйца других птиц, чтобы улучшить условия вылупления своим птенцам. Многие виды кукушек занимаются гнездовым паразитизмом, то есть подкладывают в гнезда других птиц свои яйца.

В алгоритме CS каждое яйцо в гнезде представляет собой решение, а яйцо кукушки — новое решение. Цель заключается в использовании новых и потенциально лучших (кукушкиных) решений, чтобы заменить менее хорошие решения в гнездах. В простейшем варианте алгоритма в каждом гнезде находится по одному яйцу.

Положим, что речь идет о задаче глобальной безусловной максимизации. Алгоритм основан на следующих правилах: каждая кукушка откладывает одно яйцо за один раз в случайно выбранное гнездо; лучшие гнезда с яйцами высокого качества (высоким значением пригодности) переходят в следующее поколение; яйцо кукушки, отложенное в гнездо, может быть обнаружено хозяином с некоторой вероятностью (0; 1) и удалено из гнезда.

#### **Обезьяний поиск**

Алгоритм обезьяньего поиска (Monkey Search, MS) предложили Мучерино и Шереф в 2008 г. Алгоритм вдохновлен поведением обезьяны, лазающей по дереву в поисках пищи. Обезьяне ставится в соответствие агент, который строит деревья решений для поиска экстремума в задаче глобальной максимизации.

В алгоритме MS максимальное количество пищи представляет собой желаемое решение, а ветви дерева представляют собой варианты выбора между соседними допустимыми решениями в рассматриваемой задаче оптимизации. Этот выбор может быть как полностью случайным, так и основанным на известных алгоритмах решения задачи глобальной оптимизации. Алгоритм использует бинарные деревья поиска, т. е. от каждой данной ветки (кроме ветвей, образующих

вершину дерева) отходят две другие ветви с решениями, располагающимися на их концах.

Если в текущий момент времени обезьяна находится на конце некоторой ветви, то далее она с равной вероятностью перемещается полевой или правой исходящим ветвям. В точке пространства поиска, соответствующей концу ветви, на которой находится обезьяна, вычисляем значение фитнес-функции. Если это решение лучше найденного ранее лучшего решения, то запоминаем его, и по рассмотренной схеме обезьяна продолжает движение вверх. Движение останавливаем при достижении обезьяной вершины дерева, определяемой максимально допустимой его высотой. Все посещенные обезьяной ветви дерева запоминаем.

Если не все пути в дереве исследованы, то всякий раз, после достижения обезьяной вершины дерева, она спускается до текущей лучшей точки и снова начинает движение вверх, возможно, проходя некоторые из уже пройденных ветвей.

#### **Заключение**

Было рассмотрено несколько основных видов биоинспиреческих алгоритмов, выявлены закономерности, характерные для данного типа алгоритмов.

Основное преимущество биоинспирированных алгоритмов заключается в возможности гибридизации данных алгоритмов для решения конкретных прикладных задач, что будет использоваться авторами в дальнейших работах.

#### **Список использованных источников**

1. Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие. [Электронный ресурс] / Единое окно доступа к образовательным ресурсам. — URL: [http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/394/39394/17112?p\\_page=7](http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/394/39394/17112?p_page=7)
2. Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов / А. П. Карпенко // Приложение к журналу «Информационные технологии». — 2012. — №7. — С. 1-32
3. Карпенко А. П., Селиверстов Е. К. Глобальная оптимизация методом роя частиц. Обзор // Информационные технологии. 2010. № 2. С. 25—34.
4. Гладков В.А., Курейчик В.В. Биоинспирированные методы в оптимизации. - М.: Физматлит, 2006. - 384 с.
5. Пантелеев А.В., Метлицкая Д.В., Алешина Е.А. Методы глобальной оптимизации. Метаэвристические стратегии и алгоритмы. - М.: Изд-во Вузовская книга, 2013. - 248 с.



## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ К КАРДИОСИГНАЛУ

Вылегжанин О.Н., Демидова О.О.

Научный руководитель: Вылегжанин О.Н.

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет  
[ok\\_demidova@mail.ru](mailto:ok_demidova@mail.ru)

### Введение

В настоящее время в электрокардиографии интенсивно развивается направление, связанное с регистрацией и анализом низкоуровневых составляющих кардиосигнала, так называемая электрокардиография высокого разрешения. Многими авторами показана высокая значимость диагностических признаков, получаемых в рамках данного направления [1].

Для выявления, извлечения и анализа различных компонентов электрокардиограммы применяются различные методы обработки цифровых сигналов. В данной работе будет рассмотрен метод главных компонент [2].

Целью работы является разработка методики применения метода главных компонент, который позволяет подготовить кардиосигнал для дальнейшей обработки, с целью выявления и удаления шумов из кардиозаписи.

### Разработка методики

В настоящей работе предложена модель кардиосигнала, при которой он может быть разложен на следующие информативные составляющие [4]:

$$x(t) = a_1 s_1(t) + a_2 s_2(t) + \eta(t),$$

где  $s_1(t)$  – регулярный процесс заряда-разряда миокарда, обусловленный только геометрическими и электрофизическими характеристиками сердца пациента,  $s_2(t)$  – регулярный сигнал, вызванный возмущениями процесса заряда-разряда миокарда, обусловленными патологическими процессами,  $\eta(t)$  – случайная помеха.

Совокупность зарегистрированных кардиосигналов необходимо представить в виде матрицы, в  $i$ -м столбце которой записан  $i$ -й зарегистрированный кардиосигнал. При этом, все сигналы должны быть согласованы относительно положения максимума R-пика и иметь одинаковое количество отсчетов.

Для этого определялось положение максимума R-пика каждого кардиосигнала. Для каждого  $i$ -го сигнала выбирался набор отсчетов кардиозаписи: до положения максимума R-пика 200 отсчетов и 1300 отсчетов после (во временном интервале: 0,11 с до положения максимума R-пика и 0,71 с после). Длительность каждого сигнала составляет 1500 отсчетов (во временном интервале: 0,82 с).

Уточнялось положения максимумов R-зубцов, это необходимо для лучшего формирования матрицы, поскольку наблюдалось отсутствие ярко выраженных экстремумов R-зубцов. Это могло

сказаться на последующем сингулярном разложении сформированной матрицы.

С помощью аппроксимирующего полинома уточнялось положение экстремума R-зубца в окрестностях найденного экстремума, таким образом, он стал более выраженным.

В результате получается кардиозапись с уточненными экстремумами R-зубцов [5].

– Формировалась матрица с уточненными положениями максимумов R-зубцов;

– Было найдено количество кардиосигналов, которое необходимо для полного описания кардиозаписи.

Для этого было определено, при каком количестве кардиосигналов дальнейшее их увеличение не несет за собой значительных изменений информативности.

### Результаты тестирования

1. Построены графики сингулярных чисел для матрицы с аппроксимированными зубцами и матрицы до аппроксимации.

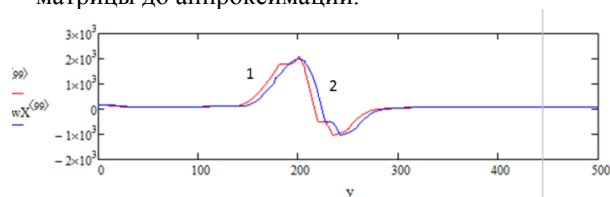


Рис.1. График отдельного кардиосигнала до аппроксимации (график 1) и после аппроксимации (график 2)

2. У первоначальной матрицы было 4 главных компоненты, у матрицы с аппроксимированными зубцами – 3, т.е. число значимых членов уменьшилось. Значит, можно сделать вывод, что один из источников изменчивости был устранен.

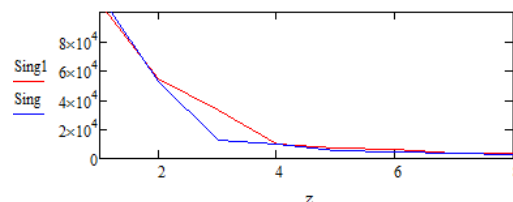


Рис. 2. График сингулярных чисел исходной (красный график) матрицы и уточненной матрицы (синий график)

3. Найдено количество кардиосигналов, которые будут характеризовать всю кардиозапись достаточно полно.

### **Вывод**

Была разработана и описана методика применения метода главных компонент для кардиосигналов. Выявлена необходимость аппроксимации максимумов R-зубцов кардиоимпульсов, так как аппроксимации существенно улучшила анализ кардиозаписи. Также определено количество кардиосигналов, которое характеризует всю кардиозапись, но при этом значительно меньше всей кардиозаписи.

### **Список использованных источников**

1. Иванов Г.Г., Дворников В.Е. Электрокардиография высокого разрешения. – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1999.
2. Simson M.B. Use of signals in the terminal QRS-complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction // Circulation. 1981. – Vol. 64. – № 2. – P. 235–241.
3. Викторов И.В. Современные компьютерные системы для автоматического анализа электрокардиосигналов // Медицинская техника. – 1994. – № 1. – С. 34–35.
4. Авдеева Д.К., Вылегжанин О.Н., Пеньков П.Г., Кашуба И.В., Турушев Н.В. Выделение референтного импульса из зашумленной последовательности // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13. – С. 107–110.
5. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений: пер с англ. – М. Мир, 1980. – 279 с.
5. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений: пер с англ. – М. Мир, 1980. – 279 с.
6. Д. В. Казаков. Квазипериодическая двухкомпонентная динамическая модель для синтеза кардиосигнала с использованием временных рядов и метода Рунге–Кутты четвёртого порядка // Компьютерные исследование и моделирование, 2012 Т. 4 № 1 С. 143–154.
7. Мазур Н.А. Внезапная смерть // В кн. Болезни сердца и сосудов. Под ред. Е.И. Чазова. – М.: Медицина, 1992, С. 133–146.
8. Викторов И.В. Современные компьютерные системы для автоматического анализа электрокардиосигналов // Медицинская техника. – 1994. – № 1. – С. 34–35.

## КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Завьялов Д.А.

Томский политехнический университет

E-mail: [zda@tpu.ru](mailto:zda@tpu.ru)

### Аннотация

В современных условиях для получения оптимального проектного решения на разработку месторождения углеводородов возникает необходимость использования всех возможных источников данных, однако это порождает избыточность. Концепция комплексной модели месторождения предполагает вовлечение всей доступной информации, механизмы хранения и обработки разнородных по структуре и содержанию данных, а также использование подмоделей разных уровней и размерностей в зависимости от решаемых задач.

### Введение

В процессе проектирования разработки месторождений углеводородов возникает 3 класса задач (по признаку оперирования данными):

- анализ и оценка;
- прогноз разработки;
- принятие решений и оперативное управление промыслом.

В настоящее время разработано большое число программных средств для моделирования с целью решения этих задач, однако основное их достоинство – высокая точность – порождает ряд недостатков:

- высокие требования к вычислительным ресурсам;
- обязательная полнота исходных данных;
- избыточность при выполнении ряда задач.

### Комплексная модель месторождения нефти и газа

Для снижения ресурсоемкости трехмерных моделей месторождений обычно применяется процедура «загрубления» [1], которая позволяет уменьшить размерность модели в рамках допустимой погрешности, однако в ряде случаев именно уровень модели оказывается избыточным. Например, если речь идет об экспресс-оценке, оперативном управлении или предварительном анализе для выбора стратегии дальнейшего поведения, достаточно двухмерной модели.

Для решения предлагается использование комплексных моделей месторождений. В их основе лежат взаимосвязанные подмодели различных уровней, каждая из которых имеет расчетное и визуальное представление. Можно выделить следующие типы подмоделей комплексной модели месторождения (рис. 1):

- pD (point data) – точечные данные  $M_p = \{K_p, K_{NTG}, S_w, \dots\}$  (в случае исходных данных, например, исследования в скважине в конкретной точке или

пробы флюидов), элементарная единица подмоделей более высоких уровней, также это может быть и обобщение подмодели более высокого уровня (например, средние значения свойств по всему месторождению);

- 1D-модель – функция  $M_1 = M_p(z)$ , зависимость между параметрами (например, зависимость значений результатов исследований в скважине от глубины – кривая параметров скважины вдоль ее ствола);

- 2D-модель – распределение  $M_2 = M_p(x, y)$  точечных данных по площади (например, карты распределения давления по площади месторождения);

- 3D-модель – распределение  $M_3 = M_p(x, y, z)$  точечных данных в объеме месторождения;

- 3Ddyn (динамическая 3D-модель) – изменение состояния и свойств  $M_3 = M_p(x, y, z, t)$  3D-модели во времени (прогноз разработки месторождения). Динамическая 3D-модель является самой ресурсоемкой, т.к. предполагает решение сложных систем уравнений для расчета фильтрации жидкости в пласте [2, 3]. По сути такая модель представляет собой множество более детальных реализаций 3D-модели (добавляются свойства флюидов и породы, модели скважин и др.) с определенным шагом по времени  $t$ .

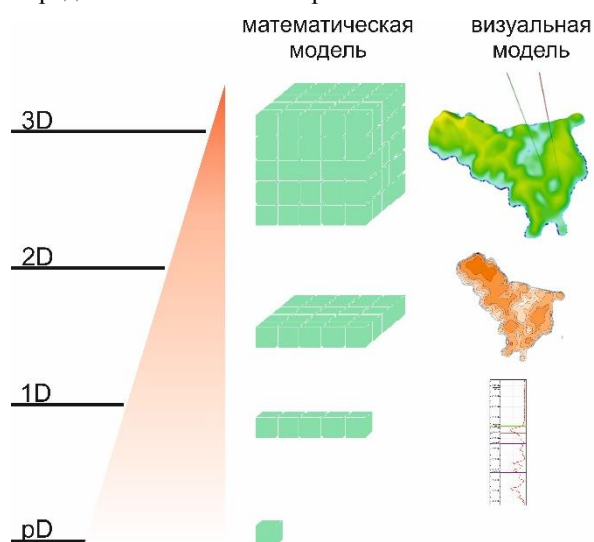


Рис 1. Подмодели разных уровней в составе комплексной модели месторождения

Подмодель более высокого уровня (уровень повышается от pD до 3D) образуется добавлением нового измерения за счет расширения набора данных и применения различных алгоритмов их распределения.

Расчетная подмодель служит для вычисления

показателей, в то время как визуальная – для анализа, оценки и принятия решений. В некоторых случаях (нет строгой формализации, решение неоднозначно, субъективно или не найдено, например, при решении задачи поиска аналогий в случае отсутствия части необходимых для моделирования данных [4]) расчетные подмодели заменяются визуальными.

Комплексность реализуется за счет:

- структурированного хранения подмоделей разных уровней;
- взаимосвязанности подмоделей на уровне данных;
- использования визуальных моделей данных для анализа и принятия решений.

Переход к подмодели более высокого уровня представляет собой ее наполнение новыми данными, что позволяет получать новые знания об объекте моделирования. Однако при выполнении ряда задач (например, задач оперативного управления, онлайн-обработки) более важна скорость обработки, нежели точность (в рамках допуска), что приводит к необходимости использования подмодели как можно более низкого уровня. Комплексный подход предполагает возможность перехода как к подмоделям более высокого уровня, так и к подмоделям более низкого уровня (рис. 2).

	pD	1D	2D	3D	3Ddyn
pD					
1D					
2D					
3D					
3Ddyn					

повышение уровня модели

понижение уровня модели

Рис 2. Матрица возможных переходов между подмоделями различных уровней

При этом важной задачей становится нахождение оптимального соотношения точность-достаточность (точность получаемого решения в зависимости от достаточного уровня подмодели). Определение этого соотношения предлагается выполнять на основе оценки коэффициента изученности [5], который был рассчитан для 7 месторождений Томской области, отличающихся степенью изученности и сроками разработки, и находящихся на разных стадиях разработки (в т.ч

в ретроспективе).

На 3D-моделях месторождений и полученных обратным переходом 2D-моделях выполнена оценка запасов. Сравнение результатов показало, что при значении коэффициента изученности более 0,6 потеря точности незначительна, а погрешность в оценке запасов составляет не более 5 %, что не превышает допустимых значений [5, 6].

Комплексная модель месторождения позволяет обращаться напрямую к подмоделям разных уровней без необходимости пересчета 3D моделей, получая необходимые срезы информации в зависимости от поставленных задач. Кроме того, комплексная модель позволяет реализовать хранение фактических показателей разработки, а также различных модификаций подмоделей, что особенно важно при анализе истории разработки месторождений.

#### Заключение

Предложенная комплексная модель месторождения позволяет ускорить процесс обработки и анализа подмоделей различных уровней, что критично при решении задач оперативного управления и онлайн анализа. Кроме того, такой подход позволяет решать задачи верификации данных и оценки корректности подмоделей.

#### Список использованных источников

1. Christie M-A. Upscaling for reservoir simulation // J. Petrol. Technol. – 1996. – V. 48. – № 11. – P. 1004-1010.
2. Eclipse Technical Description. – Schlumberger, 2015. – 1142 с.
3. Eclipse Reference Manual. – Schlumberger, 2015. – 2760 с.
4. Zakharova A., Vekhter E., Shklyar A., Zavyalov D. (2017) Visual Detection of Internal Patterns in the Empirical Data. In: Kravets A., Shcherbakov M., Kultsova M., Groumpos P. (eds) Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. CIT&DS 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 754. Springer, Cham
5. Захарова А. А. Тенденции развития программных средств для 3D-геологического и 3D-гидродинамического моделирования // Вестник ЦКР Роснедра. № 2. 2010.
6. Методические рекомендации по подготовке технических проектов разработки месторождений углеводородного сырья. – Москва: Минприроды России, 2016. – 179.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТРОЛЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ БАЗ

А. С. Яковишин, О. В. Захаров

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева  
zov20@mail.ru

### Введение

Измерение и анализ прямолинейности представляют собой актуальную задачу, так значительное число деталей имеют в сечении прямую линию. В зависимости от требуемой точности, производительности и уровня автоматизации измерений используют различные приборы и соответственно алгоритмы обработки результатов [1-4]. Известно, что нормирование геометрических характеристик изделий должно осуществляться, исходя из их функционального назначения в машине или механизме [5]. Поэтому существует проблема анализа прямолинейности, связанная с выбором базового элемента, от которого собственно будет отсчитываться величина прямолинейности. Данному вопросу посвящена настоящая статья, где на основе моделирования проводится численный анализ и сравнение различных методов оценки прямолинейности.

### Математическая модель

Прямолинейность представляет собой максимальное расстояние от точек реального профиля до базового элемента. Таким базовым элементом, согласно стандарту [4], будут две параллельные прямые, внутри которых или на их границах расположены все точки реального профиля, таким образом, что расстояние между ними минимально. Эти две прямые образуют зону минимальной ширины. Помимо этого разрешается использование в качестве базы производных элементов в виде средней прямой, полученной методом наименьших квадратов (МНК), и прилегающей наружной или внутренней прямой.

Расчет положения базовой прямой и прямолинейности реализуются на основе минимизации целевой функции с помощью численных алгоритмов. Для зоны минимальной ширины целевая функция имеет вид:

$$F_1 = \max \{d_i\} - \min \{d_i\}, \quad (1)$$

где  $d$  – расстояние от  $i$ -х точек профиля детали до прямой.

Для средней прямой целевая функция записывается в виде:

$$F_2 = \sum_i d_i. \quad (2)$$

Для прилегающей прямой целевая функция принимает вид:

$$F_3 = \max \{d_i\}. \quad (3)$$

Физический смысл указанных базовых элементов можно интерпретировать следующим образом. В прессовых соединениях важно знать распределение материала, так как от этого зависит прочность посадки. Поэтому традиционно для этих целей рекомендуют среднюю прямую. Основными достоинствами являются простота и однозначность математического описания, а также возможность последующей аппроксимации профиля с помощью полиномов.

Физический смысл прилегающей прямой трактуется как сопрягаемый в подвижном соединении элемент идеальной поверхности. Данный элемент долгое время предлагался в качестве основного в отечественных стандартах. Однако в общем случае решение такой задачи математически неоднозначно.

Достоинством зоны минимальной ширины является тот факт, что целевая функция представляет собой собственно прямолинейности. Поэтому ее минимизация должна давать наилучший результат. Геометрически прямолинейную зону можно представить, например, как траекторию движения или след пересечения двух плоских поверхностей.

Вид целевой функции  $F_3$  отличается от общепринятой записи. Предложенная формулировка (3) представляется более удачной, так как отражает тот факт, что минимизируется максимальное расстояние от прилегающей прямой до точек реального профиля.

### Моделирование и анализ результатов

Для выполнения расчетов прямолинейности и моделирования обработки партий деталей разработана программа в среде Matlab. Интерфейс программы показан на рис. 1, где синим цветом обозначен реальный профиль, красным – прямые зоны минимальной ширины, голубым – прилегающая прямая, зеленым – средняя прямая. Расчет проводится по алгоритмам минимизации целевых функций (1)-(3). В качестве исходных данных могут использоваться реальные данные измерения или моделированные данные с заданными законами распределения погрешностей.

На основе измерений на координатно-измерительной машине проведено моделирование прямолинейности для партий из 50 деталей типа валика помпы автомобиля диаметром 16 мм и длиной 120 мм. Результаты в виде среднего арифметического и стандартного значений



представлены на рис. 2, где показаны: вариант 1 – средняя прямая, вариант 2 – прямая минимального допуска, вариант 3 – прилегающая прямая.

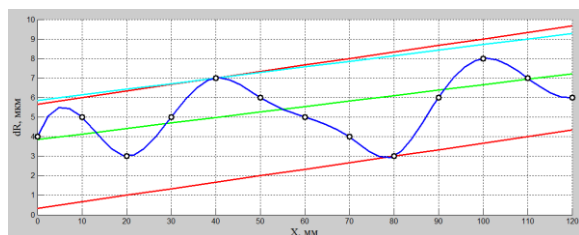


Рис. 1. Анализ прямолинейности

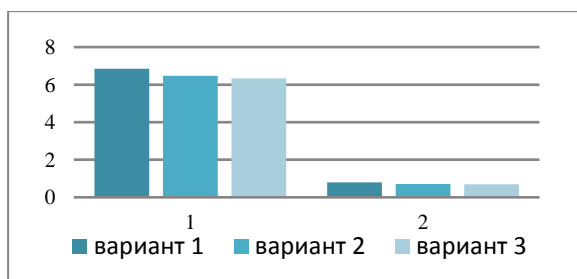


Рис. 2. Прямолинейность: 1 – среднее арифметическое, 2 – стандартное отклонение

При минимизации целевой функции (1) обнаружилась проблема многоэкстремальности в некоторых случаях, которая решалась за счет уточненного выбора начального приближения параметров прямой. Для целевых функций (2), (3) такой проблемы не возникало.

Анализ показал, что наилучший результат во всех случаях обеспечивает использование в качестве базового элемента прилегающей прямой, а наихудший – средней прямой. Зона минимальной ширины дает результат несколько хуже, чем прилегающая прямая. Так, расхождение между средним арифметическим значениям прямолинейности составляют 5,4 % для прямой минимальной зоны и 7,6 % для прилегающей по сравнению с средней прямой. Стандартные отклонения для тех же вариантов различаются на 11,9 и 13,9 % соответственно.

Полученные результаты позволяют пересмотреть традиционный подход, который утверждает, что прямая минимальной зоны является предпочтительной. Наилучший результат, полученный для прилегающей прямой, объясняется использованием нового вида целевой функции при оптимизации. При этом минимизируется максимальное отклонение прямой от профиля, что и гарантирует наилучший результат по сравнению с прямой минимальной зоны.

#### Заключение

Проведенные исследования убедительно доказывают преимущество использования прилегающей прямой в качестве базы при оценке прямолинейности. Необходимый расчет выполняется на основе минимизации целевой

функции по приведенной зависимости. При этом обеспечивается минимальное значение прямолинейности и однозначность получаемого результата при различных исходных данных.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-19-10204).*

#### Список использованных источников

1. Базыкин С.Н. Информационно-измерительные системы для измерения отклонений от прямолинейности перемещений // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 7-1. С. 21-25.
2. Кашуба Л.А., Жук Д.М., Маничев В.Б. Геометрия реальных поверхностей деталей изделий машиностроения. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2012. № 2. С. 72-79.
3. Печенкин В.А., Болотов М.А., Рузанов Н.В., Янюкина М.В. Оптимизация измерений геометрии деталей со сложными поверхностями // Измерительная техника. 2015. № 3. С. 18-23.
4. Суслин В.П., Макаров А.И., Джунковский А.В., Шутер М.И. Программы измерений и контроля геометрии деталей автомобильной техники // Автомобильная промышленность. 2005. № 3. С. 39-40.
5. ISO 12780-2:2011. Geometrical product specifications (GPS). Straightness. Part 2: Specification operators.

## КВАЗИАНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ НЕОДНОРОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ С КУБИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Т.А. Инхиреева, А.В. Козловских  
Научный руководитель В. П. Зимин  
Томский политехнический университет  
[tai2@tpu.ru](mailto:tai2@tpu.ru)

### Введение

В одной из задач теории циклических ускорителей исследуется поведение заряженных частиц в медианной плоскости тороидальной вакуумной камеры. Исследуется поведение частиц в возмущенном поле в области устойчивых колебаний, и вне её. Математически задача сводится к уравнению

$$\frac{d^2x}{d\Theta^2} + n(x) \cdot x = f(x),$$

где  $n(x)$  – дифференциальная характеристика спада магнитного поля, в камере ускорителя. Функция  $n(x)$ , получаемая при обработке измерений магнитного поля, хорошо аппроксимируется кубическим полиномом, и для одного из типов циклических ускорителей [1] получено нелинейное неоднородное дифференциальное уравнение, решение которого и будет предметом исследований

$$\frac{d^2x}{d\Theta^2} + \alpha x + \beta x^3 = \gamma x \sin(\Omega\Theta). \quad (1)$$

Представим его в виде (2)

$$\frac{d^2x}{d\Theta^2} + \omega^2(x) \cdot x = \gamma x \sin(\Omega\Theta), \quad (2)$$

где  $\omega^2(x) = (\alpha + \beta x^2)$  (2a)

### Решение однородного уравнения

Основная идея построения аналитического решения уравнения (1) заключается в следующем: представив (1) в виде (2) и считая для малого шага  $\Delta\Theta$  частоту на этом шаге  $\omega^2(x_i(\Theta_i))$  постоянной, получаем однородное уравнение с постоянными коэффициентами. Решение этого уравнения находится в виде суммы общего решения соответствующего однородного уравнения и частного решения неоднородного уравнения. Решение соответствующего однородного уравнения записывается в виде:

$$x(\Theta) = a \cos(\omega\Theta) + b \sin(\omega\Theta).$$

Рассмотрим подробно решение задачи Коши на первом шаге. Дано: начальные условия  $(x_0, x'_0)$  – значения координат и производной, значения независимой координаты  $\theta_0$ ). Продифференцировав общее решение, можно найти неизвестные коэффициенты, а затем записать решение задачи Коши на шаге  $\Delta\Theta$  в матричной форме:

Полученные в (3) значения координаты и производной являются начальными условиями для решения на следующем шаге  $\Delta\Theta$ .

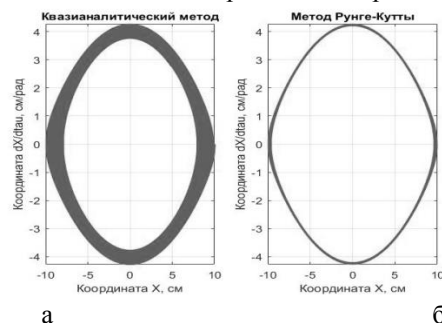
$$\begin{pmatrix} x(\Theta_0 + \Delta\Theta) \\ x'(\Theta_0 + \Delta\Theta) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\omega_0(\Theta_0 + \Delta\Theta)) & \sin(\omega_0(\Theta_0 + \Delta\Theta)) \\ -\omega_0 \sin(\omega_0(\Theta_0 + \Delta\Theta)) & \omega_0 \cos(\omega_0(\Theta_0 + \Delta\Theta)) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ b_0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

при этом частота будет изменяться, согласно (2a).

Вычисляя последовательно в цикле по выражению (3) значения фазовых координат с учётом изменения  $\omega^2(x_i(\Theta_i))$ , получим решение однородного уравнения на дискретной сетке с шагом  $\Delta\Theta$ .

Для более полного представления свойств решений уравнения (1), найдём координаты особых точек, определим их тип [2]. Точки имеют координаты: а – (0,0), б – (-11.4, 0), с – (11.4, 0) и типы: 1 – центр; 2,3 – седла.

В случае точного решения однородного уравнения фазовая траектория через оборот отображается сама на себя и на фазовой плоскости получается замкнутая параметрическая кривая. На графике рис. 1 видно, что это условие не выполняется ни для предлагаемого алгоритма (рис. 1а), ни для метода Рунге-Кутты ode45 (Matlab) [3] (рис. 1б), на интервале независимой переменной  $\Theta=100 \cdot \pi$  и начальных значений фазовых координат (11,0). При этом погрешность предлагаемого метода нарастает быстрее.



а б  
Рис. 1. Фазовые траектории в области устойчивого движения

### Точное решение уравнения

Получить более точное решение однородного уравнения, используя предложенный алгоритм, можно при компенсации потерь полной энергии на каждом шаге. В полной энергии системы кинетическая, как функция скорости, вычисляется по известной формуле [1], потенциальная как интеграл возвращающей силы – из уравнения (1)

$$\Pi = \int (\alpha x + \beta x^3) dx = \frac{\alpha}{2} x^2 + \frac{\beta}{4} x^4.$$

Найдём полную энергию системы  $W_0$

$$W_0 = \frac{x_0^2}{2} + \frac{\alpha}{2} x_0^2 + \frac{\beta}{4} x_0^4. \quad (4)$$

Уменьшение амплитуды происходит по закону, близкому к экспоненте. Тогда связь между текущим значением полной энергии  $W_i$  и  $W_0$  запишется в виде:

$$W_i = e^{k g \Delta \Theta} W_0. \quad (5)$$

Из (5) найдём поправочный коэффициент и, с учётом квадратов координат и производных в (4), выражения для точных значений фазовых координат будут

$$x_{ii} = \sqrt{e^{-\ln(W_i/W_0)}} \cdot x_i \quad (6)$$

$$x'_{ii} = \sqrt{e^{-\ln(W_i/W_0)}} \cdot p x_i$$

Результаты решения с учётом поправок (6) приводятся на рис. 2. Начальные условия и интервал интегрирования те же самые, что использовались при построении фазового портрета рис. 1.

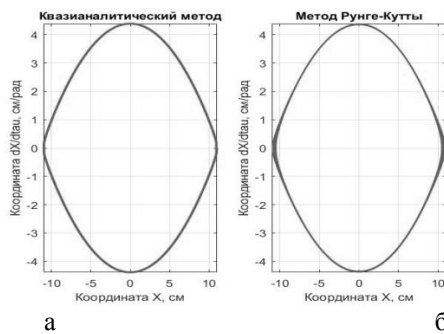


Рис. 2. Фазовые траектории с учетом поправок

Из рис. 2 видно, что отображающие точки на фазовой траектории аналитического решения отображаются сами на себя, т.е. полная энергия сохраняется, а амплитуда колебаний остаётся постоянной.

### Исследование решений в области неустойчивого решения

Если задать начальные условия такие, что отображающая точка на фазовой плоскости будет лежать вне сепаратрис (например,  $(x_0=12, x'_0=0)$ ), то, согласно (2а),  $\omega(x) < 0$ . Уравнение примет вид

$$\frac{d^2 x}{d\Theta^2} - \omega^2(x) \cdot x = 0. \quad (7)$$

В этом случае функции, образующие фундаментальную систему решений, будут

$$\exp(-\omega\Theta); \exp(\omega\Theta),$$

а общее решение и его производная запишутся в следующем виде:

$$x(\Theta) = a \exp(-\omega\Theta) + b \exp(\omega\Theta), \quad (8)$$

$$\frac{dx}{d\Theta} = -\omega a \exp(-\omega\Theta) + \omega b \exp(\omega\Theta).$$

Методика решения уравнения (7) такая же. Только вместо тригонометрических функций будут записаны экспоненты.

Уравнение (7), в отличие от предыдущего случая, относится к типу «грубых», т.е. таких, свойства решений которых мало меняются при небольшом изменении параметров или незначительной погрешности. Фазовые траектории, построенные этими методами, практически не отличаются.

### Решение неоднородного уравнения

Общее решение исходного уравнения (1) в отсутствие резонанса ( $\omega(x) \neq \Omega$ ) имеет вид

$$x(\Theta) = a \cos(\omega\Theta) + b \sin(\omega\Theta) - \frac{\gamma \sin(\Omega\Theta)}{\Omega^2 - \omega^2},$$

в случае резонанса ( $\omega(x) = \Omega$ )

$$x(\Theta) = a \cos(\omega\Theta) + b \sin(\omega\Theta) - \frac{\gamma(\Omega\Theta \cos(\Omega\Theta) - \sin(\Omega\Theta))}{2\Omega^2}.$$

Для проведения объективного анализа точности решений обеими методами, воспользуемся одним из свойств функций, являющихся решением дифференциального уравнения, а именно: при подстановке таких функций в исходное уравнение оно обращается в тождество.

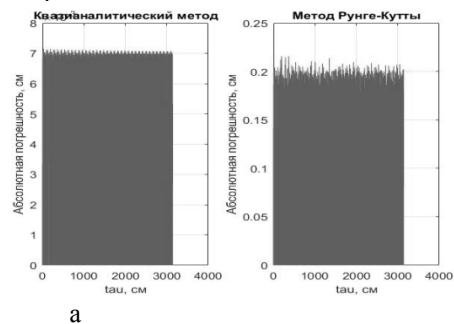


Рис. 3. Погрешность решения

Качественно оба решения совпадают, при этом погрешность решения как функция шага интегрирования, полученного квазианалитическим методом, меньше погрешности решения, полученного методом Рунге-Кутты на порядок (рис.3). Полученные результаты свидетельствуют о применимости предложенного метода для решения нелинейных дифференциальных уравнений.

### Список использованных источников

1. Ананьев Л.М. Индукционный ускоритель электронов – бетатрон / Л.М. Ананьев, А.А. Воробьев, В.И. Горбунов. – М.: Госатомиздат, 1961. – 349 с.
2. Баутин, Н.Н. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости / Н.Н. Баутин, Е.А. Леонтович. – М.: Наука, 1990. — 486 с.
3. Эдвардс Ч.Г. Дифференциальные уравнения и краевые задачи: моделирование и вычисление с помощью Mathematica, Maple и MATLAB: пер. с англ. 3-е изд. / Ч.Г. Эдвардс, Д.Э. Пенни. – М.: Вильямс, 2008. – 1104 с.



## ИМПОРТ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАДАННЫХ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ХРАНИЛИЩЕ

А.Ю. Кайда, М.Ю. Губин

Томский политехнический университет  
anastasiakaida@gmail.com

### Введение

На сегодняшний день проведение научных экспериментов сопряжено с необходимостью агрегирования больших объемов разнородных метаданных. Более того, требуется обращение к полученным ранее данным и поиск необходимой информации, сопряженных с ней файлов различных типов. Решить эту задачу помогает единое централизованное онтологическое хранилище метаданных. Однако для наполнения такой базы требуются программные компоненты, отвечающие за импорт метаданных из разнородных источников данных. Существенной проблемой является отсутствие на рынке программных продуктов, соответствующих требованиям разработчиков базы знаний научного эксперимента и способных решить поставленную задачу, в связи с чем возникает необходимость разработки соответствующего инструмента.

### Модуль импорта метаданных

Хранимые в репозиториях гетерогенные данные, как правило, не имеют между собой семантической связи, что затрудняет поиск необходимой информации в больших научных экспериментах. Data Knowledge Base – централизованное онтологическое хранилище агрегированных из структурированных и документальных источников метаданных о научных исследованиях – разрабатывается для решения данной задачи. Хранилище состоит из двух уровней: агрегатора метаданных и самого онтологического хранилища, в основе которого лежит онтологическая модель научного исследования с параметрическим описанием экспериментов и сопроводительных документов. Для загрузки в RDF-хранилище Virtuoso Universal Server требуется определенное представление данных, поступающих на обработку в виде TXT и JSON-файлов, содержащих необходимые метаданные. Извлеченные данные должны быть представлены некоторым единым образом и загружены в хранилище. Такое представление реализуется в синтаксисе Turtle, поддерживаемом Virtuoso Universal Server.

Модель данных представляет собой ориентированный граф (граф, ребрам которого присвоено направление) и предназначена для представления интегрированной гетерогенной информации, взятой из множества разнородных источников. Согласно онтологической модели данных, метаданные представляются в виде триплетов – троек «субъект-предикат-объект».

Синтаксис Turtle является упрощенным вариантом записи RDF-триплетов в виде групп URI-ресурсов. URI-идентификатор ресурса ссылается на абстрактный или физический ресурс, причем идентификатор может ссылаться на любой тип ресурса. Субъект представляет собой унифицированный идентификатор ресурса URI, ссылающийся на конкретный описываемый элемент. Объект может быть представлен как в виде литерала, так и в виде ссылки URI. В свою очередь, предикат, соединяющий субъект и объект, является своеобразным индикатором, указывающим на то, как связаны объект и субъект в модели. Каждое свойство может обладать рядом характеристик, таких как транзитивность, рефлексивность, иррефлексивность, симметричность, инверсия и т.д.

Задача модуля состоит в том, чтобы извлечь данные из файлов и представить в виде триплетов, избегая формирования неполных троек или дублирования записей. Метаданные, представленные в таком виде, готовы для загрузки в систему. Обработка данных в системе происходит в потоковом режиме. В каждом сообщении передаются данные из файлов, предназначенные для обработки. На выход поступает сообщение с набором триплетов и передается для записи в хранилище данных согласно общей логике работы системы. Роль модуля определена на уровне подготовки данных согласно концепции связанных данных и представлена на рисунке 1.

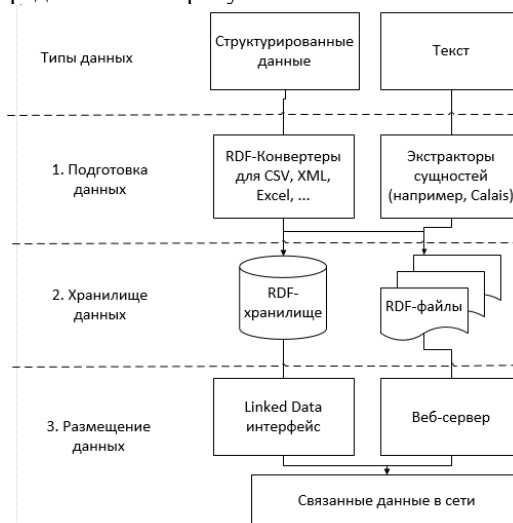


Рис. 1. Общая архитектура системы в концепции связанных данных

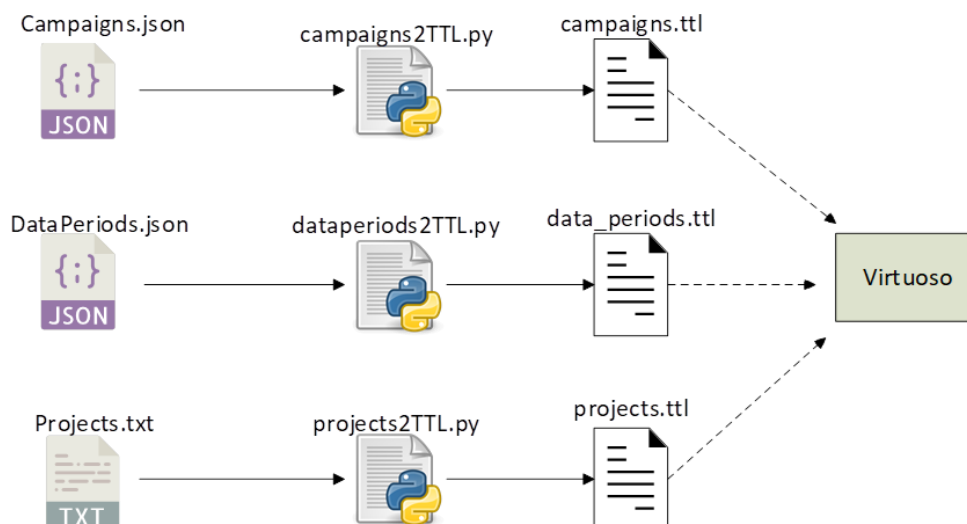


Рис. 2. Принцип работы модуля импорта

### Заключение

В результате был разработан прототип модуля импорта метаданных, представляющий собой набор скриптов и обеспечивающий получение информации из файлов TXT и JSON, содержащих метаданные о научных экспериментах, и обеспечивающий корректное добавление информации в единую базу знаний научного эксперимента. Сама база знаний должна ускорить и упростить поиск необходимых метаданных и соответствующих документов о научном эксперименте. Для разработки прототипа модуля был выбран высокоуровневый язык программирования Python.

Стандарты W3C, относящиеся к Semantic Web, на протяжении лет не находили отклика у широкой аудитории, однако являются эффективным набором инструментов в решении задач по созданию баз знаний и агрегированию гетерогенных данных в единую систему. Тем не менее, логика работы модуля строго зависит от заданной структуры входных данных и построенной модели данных.

Полученные результаты могут быть использованы в узкоспециализированных базах знаний научного эксперимента для автоматизации процесса хранения, накопления и обработки метаданных.

### Список использованных источников

1. Soldatova L., King R. An Ontology of Scientific Experiments // Journal of the Royal Society Interface. — 2006. — Issue 11. — P.795-804, DOI: 10.1098/rsif2006.0134
2. Allemang D., Hendler J. Semantic Web for the Working Ontologist: Effective Modeling in RDFS and OWL // Elsevier. — 2011, ISBN 978-0-12-385965-5
3. Tim Berners-Lee et al. Tabulator: Exploring and analyzing linked data on the semantic web. In Proceedings of the 3rd International Semantic

Web User Interaction Workshop, 2006. [Электронный ресурс]. — URL:

<http://swui.semanticweb.org/swui06/papers/BernersLee/Berners-Lee.pdf>

4. Powers S. Practical RDF – O'Reilly Media, 2003. — 352 p.
5. Semantic Web Standards. RDF – Resource Description Framework. [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.w3.org/RDF/> (дата обращения 20.08.2017)
6. Hitzler P., Krötzsch M., Rudolph S., Foundations of Semantic Web Technologies – FL.: Chapman & Hall/CRC, 2009. — 455 p.
7. H. Wache, T. Voegelé, T. Visser, H. Stuckenschmidt, H. Schuster, G. Neumann, and S. Huebner. IJCAI-01 Workshop: Ontologies and Information, page 108--117. (2001)
8. Nasser Alalwan, Hussein Zedan, François Siewe, «Generating OWL Ontology for Database Integration», Third International Conference on Advances in Semantic Processing, 2009
9. RIF Overview (Second Edition) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/rif-overview/>, свободный
10. Terse RDF Triple Language [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/turtle/>, свободный
11. Python 2.7.14rc1 documentation [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.python.org/2/>, свободный

## КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

Канаева И.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Стоянов А.К.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[iap15@tpu.ru](mailto:iap15@tpu.ru)

### Введение

Задача кластеризации – это задача размещения входных векторов (образов) по категориям (кластерам) так, чтобы близкие векторы (схожие образы) оказались в одной категории.

Все методы кластеризации изображений условно можно разделить на две группы: статистические методы кластеризации и методы кластеризации, основанные на выделении перепадов яркости [1].

Кластеризация изображений с помощью рекуррентной нейронной сети проводится относительно яркостной компоненты изображений.

### Построение инструмента решения

Для решения поставленной задачи рассмотрим однослойную рекуррентную нейронную сеть с линейно-кусочной функцией активации вида

$$f(x) = \begin{cases} x \leq 0, & f(x) = 0; \\ x > 0, & f(x) = x. \end{cases} \quad (1)$$

Такая сеть моделирует  $n$ -слойный персептрон, у которого одна и та же матрица весов синапсов  $\|W_{ij}^{(n)}\|$  ( $n=1,2, \dots, i, j$  – номера нейронов в соседних слоях) для всех слоёв.

При наложении условия  $\sum W_{ij}^2 < 1$  на матрицу сеть реализует сжимающее аффинное отображение многомерного входного вектора  $X$ :

$$X_n = WX_{n-1} + B \quad (2)$$

Известно, что у сжимающего отображения полного метрического пространства в себя для любой точки  $x \in X$  последовательность  $x, f(x), f^2(x) = f(f(x)), f^3(x), \dots$  сходится к единственной неподвижной точке [2]. Т.е. данная рекуррентная сеть в ходе нескольких итераций приводит любые многомерные входные значения к одной и той же устойчивой точке.

Кластеризация основывается на гипотезе компактности, то есть на предположении о том, что значения, сходящиеся к устойчивой точке за одно и то же число итераций, образуют один кластер. Оценка количества итераций, нужного для достижения устойчивой точки, производится на основе вычисления евклидова расстояния между вектором  $Y$  устойчивой точки и вектором  $X$  яркости точки изображения. Это расстояние для каждого  $L$ -мерного входного вектора  $X$ , который соответствует изображению размерами  $L=M \times N$ , определяется по формуле:

$$\rho(x, y) = (\sum_{i=1}^L (\mu x_i - y_i)^2)^{1/2}, \quad (3)$$

где  $x_i$  и  $y_i$  –  $i$ -ые координаты точек  $x$  и  $y$  в  $L$ -мерном пространстве, а  $\mu$  – масштабный коэффициент. В рамках заданной точности вычислений точки, достигающие устойчивого значения за одно и то же целое число итераций, имеют компактно расположенные евклидовы расстояния  $\rho^{(j)}$  на каком-то одном непрерывном диапазоне значений. Поэтому для кластеризации вычисляются границы таких диапазонов по формуле

$$\rho^{(1)} = \varepsilon/K, \rho^{(2)} = \rho^{(1)}/K, \dots, \rho^{(n)} = \rho^{(n-1)}/K, \quad (4)$$

где  $\varepsilon$  – точность приближения к значению устойчивой точки,  $n$  – номер диапазона, отсчитываемый от устойчивой точки,  $K$  – коэффициент сжатия отображения.

После перебора всех входных векторов изображений формируются кластеры из изображений, попавших в один и тот же диапазон расстояния  $\rho$ .

Для определения качества кластеризации рассчитывается энтропия разбиения:

$$H = \sum_i \frac{r_i}{R} \ln\left(\frac{r_i}{R}\right), \quad (5)$$

где  $r_i$  – число изображений, попавших в один и тот же  $i$ -ый диапазон, а  $R$  – общее число изображений в коллекции.

Изменение масштаба изображений приводит к новому распределению их в выделенных диапазонах и изменению энтропии.

Таким образом, определение параметров кластеризации после  $k$ -разбиений с различными масштабами  $\mu$  ( $\mu = 0.8, 0.85, \dots, 6$ ) может основываться на максимальной полученной энтропии  $\max_k H$  или на ее максимальном перепаде

$$\max_k \frac{\Delta H}{\Delta \mu}.$$

### Результаты экспериментов

Объектом изучения являлись изображения размером 50 x 50 пикселей лиц людей [3]. Исходные полноцветные изображения переводились в градации серого и использовались их представления в виде многомерных векторов значений яркости.

На рисунке 1 представлены образцы входных изображений лиц людей исходных кластеров.

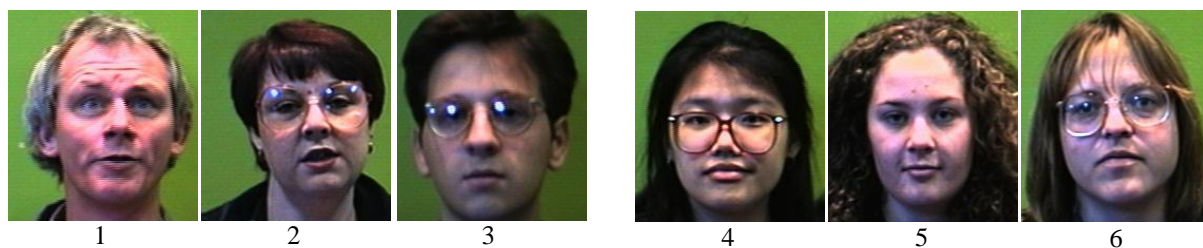


Рис. 1. Образцы изображений лиц людей

Каждое лицо представлено двадцатью изображениями, полученными при разных ракурсах, условиях освещения и отображающими разную мимику лица.

При  $K = 0.92586$  было определено 229 диапазонов, и по оценке максимальной энтропии

исходная выборка из 5 классов по 20 изображений лучше всего распределялась при масштабе  $\mu = 4.9$ . При этом результат кластеризации представлен в таблице 1.

Таблица 1. Результат кластеризации по оценке

максимальной энтропии

Кластеры эксперимента	1		2	3	4	5
Кол-во элементов в кластере	20		20	20	20	20
Полученные кластеры	1	2	3	4	5	6
	10	10	20	20	20	20

Таким образом, 4 кластера сформированы верно, а первый поровну разделится на два кластера. Однако при добавлении в коллекцию двадцати изображений 6-го человека (рис. 1) они полностью добавляются в третий выделенный кластер, содержащий изображения второго типа.

### Вывод

Основным преимуществом данного метода является то, что для работы нейронной сети не требуется ее обучение.

Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной работоспособности рассмотренного подхода к кластеризации изображений, но требуют дополнительных исследований, направленных на увеличение точности кластеризации.

### Список использованных источников

1. Башков Е.А., Вовк О.Л. Кластеризация изображений методом дендрограмм / ДонНТУ, 2003. – 10 с.
2. Данилов В.И. Лекции о неподвижных точках / Российская экономическая школа, Москва, 2006 г. - 30 с.
3. Стоянов, Александр Кириллович. Применение рекуррентной нейронной сети для решения задачи кластеризации [Электронный ресурс] / А. К. Стоянов // Известия Томского политехнического университета [Известия

ТПУ] / Томский политехнический университет (ТПУ). — 2009. — Т. 315, № 5: Управление, вычислительная техника и информатика. — [С. 144-149]. — Заглавие с титульного листа. — Электронная версия печатной публикации. — Свободный доступ из сети Интернет. — Adobe Reader. Режим доступа: [http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Bulletin\\_TPU/2009/v315/i5/29.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext/v/Bulletin_TPU/2009/v315/i5/29.pdf)

4. Libor Spacek. Collection of Facial Images: Faces94 / [Электронный ресурс] / Computer Vision Science Research Projects, 2007. Режим доступа: <http://cswwww.essex.ac.uk/mv/allfaces/faces94.html>, дата доступа: 20.09.2017 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

Колотовкина А.Ю.

А.Ю. Дёмин

Томский политехнический университет

ayk9@tpu.ru

В настоящее время достаточно большое внимание уделяется проблеме распознавания образов, звуков, видеоизображения и др. Одним из основных считается вопрос распознавания речи, которая является комплексным процессом и затрагивает не только акустические аспекты речеобразования (т.е. звуков, фонем, фраз), но и

кинематику мимики и артикуляции. Данные исследования направлены на усовершенствование пользовательского общения с техническими средствами (сюда можно отнести и разработки «естественного» интерфейса в общении человека с электронными устройствами). Главным образом, отличие данных исследований состоит в том, что

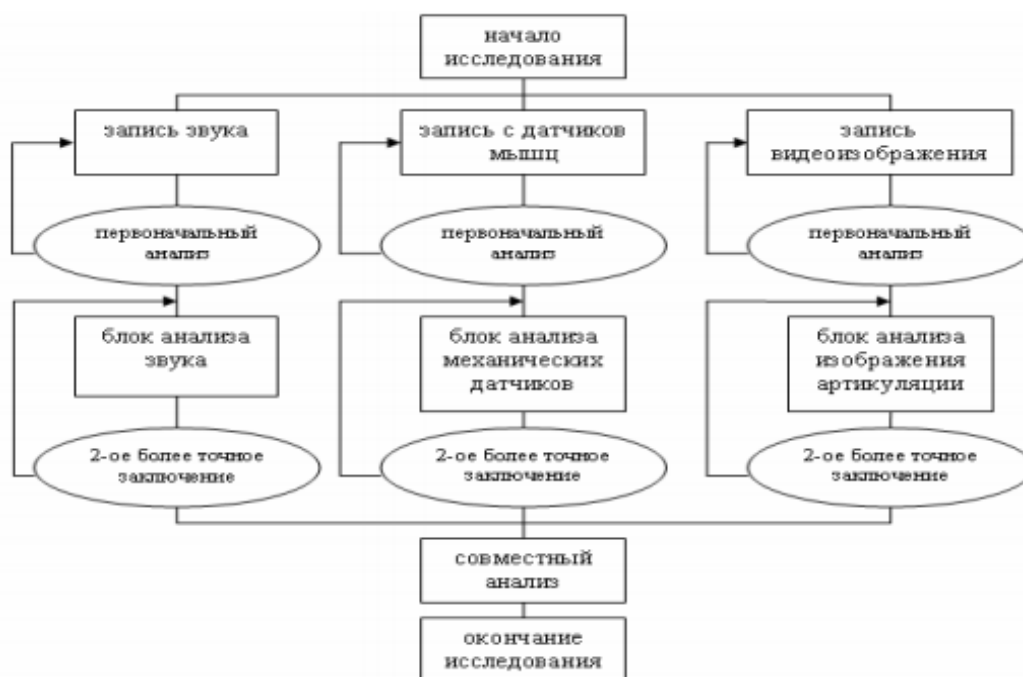


Рис 1. Структурная схема системы распознавания речи

их результаты могут быть использованы и в области реабилитации слабослышащих пациентов для постановки речи.

Проблемой распознавания речи является ее многокомпонентность, т.е. сам звук произносимых фраз, движение лицевых мышц и слежение за артикуляцией в целом. Принимая во внимание вышеупомянутый комплексный метод, а также используя системный подход, перспективную компьютерную систему визуального контроля произношения и артикуляции можно представить в виде структурной схемы (рис.1).

Эта структурная схема состоит из трех параллельно действующих каналов. По первому каналу сначала ведется запись звука, далее производится первоначальный диагноз, затем анализ речи с использованием таблиц, графиков, диаграмм и др., после чего ставится второе, более точное заключение врача-логопеда. По второму каналу производится запись данных от

механических датчиков, которые крепятся непосредственно на лицевые мышцы, далее по алгоритму аналогично с первым каналом. И, наконец, по третьему каналу осуществляется запись видеоизображения и производится анализ. В итоге производится совместный анализ.

Комплексная система распознавания речи, рассматриваемая в данной работе, имеет три основных компонента, которые настраиваются в соответствии с полученными результатами о качестве произношения. Единственный из этих трех компонентов, не подвергающийся никакому сравнительному анализу вследствие его наибольшей важности, – это анализатор звука произносимой речи. Однако возможны случаи использования данной комплексной системы в условиях ограничений (например, в условиях недостаточного финансирования и др.), когда необходимо сделать правильный выбор из двух оставшихся компонентов. Для этого удобно



применять информационные оценки (методы управления внедрением нововведений, базирующиеся на использовании информационного подхода).

Итак, объект, рассматриваемый в данной статье, имел аналоги, которые, однако, не включали в свой состав анализаторы видеоизображения и сигналов с мимических датчиков. Таким образом, можно считать, что эти два последних элемента и есть нововведения. Т.е.

можно провести анализ внедрения этих нововведений, это будет выражаться в следующей структурной схеме (рис. 2). Для оценки первого НВВ принято два критерия, для оценки второго – один критерий.

Первоначально относительная значимость первого НВВ возьмем выше, чем относительная значимость второго НВВ.

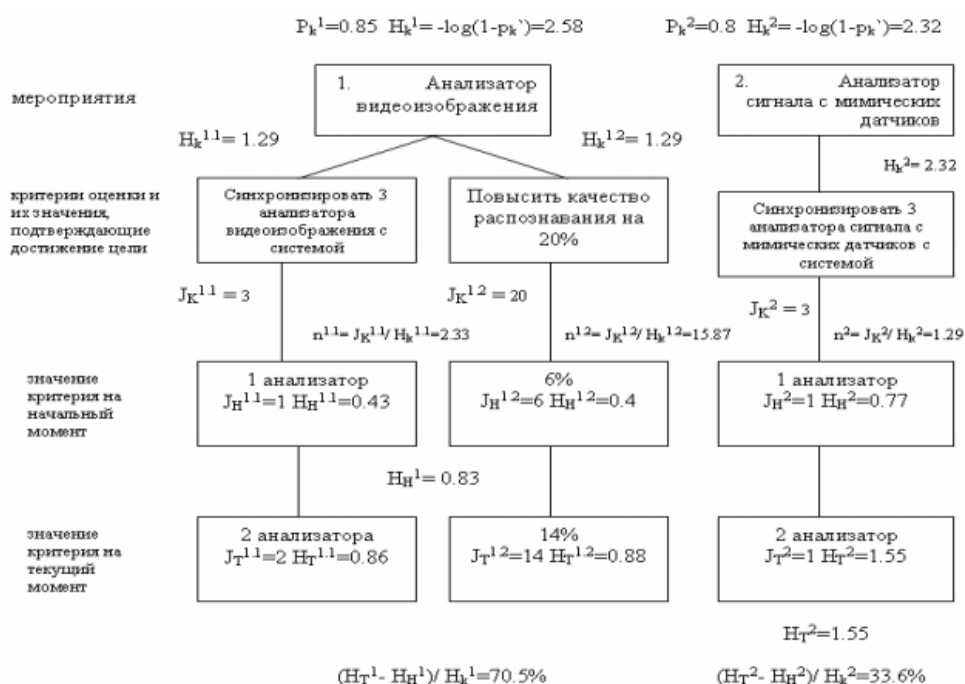


Рис. 2. Структурная схема анализа внедрения нововведений

Здесь  $p$  – вероятность недостижения цели,  $q$  – вероятность использования конкретного НВВ при реализации, достижении соответствующей подцели,  $H$  – значимость нововведения,  $J = A_i / \Delta A_i$ ,  $A_i$  может интерпретироваться как число внедряемых единиц новой технологии,  $\Delta A_i$  характеризует, с какой степенью точности нужно учитывать  $A_i$  в конкретных условиях, т.е. с помощью этого значения задаются единицы измерения, которые могут быть различными;

Таким образом, из приведенной выше схемы видно, что даже при учете изменения параметров  $J$  в процессе внедрения НВВ предпочтения не изменились, как была первоначально относительная значимость первого НВВ выше, так и осталась выше; данная схема только подтверждает этот факт.

Итак, можно сказать, что применение системного подхода к такому комплексному исследованию позволит повысить качество распознавания речи в полтора-два раза.

Предполагается использовать полученные результаты в экспериментальных исследованиях и проверке эффективности комплексного метода для реабилитации слабослышащих пациентов, а также для управления автоматическими роботами.

#### Список использованных источников

1. Распознавание речи. Часть 1. Классификация систем распознавания речи. [Электронный ресурс]. – URL: <https://geektimes.ru/post/64572/> (Дата обращения 20.06.2017)
2. Что такое система распознавания речи. [Электронный ресурс]. – URL: <http://information-technology.ru/articles/20-it/101-chto-takoe-sistema-raspoznavanie-rechi> (Дата обращения 20.06.2017)
3. Системы автоматического распознавания речи [Электронный ресурс]. – URL: <http://compress.ru/article.aspx?id=11331> (Дата обращения 20.06.2017)
4. Google открывает API для распознавания на 80 языках. [Электронный ресурс]. – URL: <https://geektimes.ru/post/273282/> (Дата обращения 20.06.2017)
5. Речевые технологии SpeechKit. [Электронный ресурс]. – URL: <https://tech.yandex.ru/speechkit/> (Дата обращения 20.06.2017)

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ ИЗ НОВОСТНЫХ ТЕКСТОВ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАССУЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРЕЦЕДЕНТОВ

П.В. Мызников

Научный руководитель – Д.Е. Пальчунов  
Новосибирский Государственный Университет  
p.myznikov@g.nsu.com

### Введение

Ресурсы сети Интернет являются эффективными новостными каналами с точки зрения охвата аудитории и скорости распространения информации. С другой стороны, объём данных и их слабая структурированность вызывают проблемы с анализом такой информации и моделированием её распространения.

Построение модели распространения новостных сообщений способно повлиять на качественное улучшение решения нескольких задач, интересных для распространителей информации, а именно:

- 1) оценка охвата аудитории новостного сообщения,
- 2) оценка вероятности попадания сообщения в определённый новостной источник,
- 3) оценка степени интереса пользователей к определённой новости.

Однако, для выполнения этих задач необходимо иметь процедуру формализации текста новости, чтобы получить объекты, к которым можно применять вычислительные методы. Большинство существующих подходов направлено либо на статистическое представление текстов (TF-IDF, Bag of words), либо на построение синтаксических деревьев. Такие подходы хорошо справляются с кластеризацией текстов, извлечением фактов и другими задачами. Тем не менее, они не отображают важную деталь, которая необходима в поставленных задачах, а именно: интерпретация текста с разных точек зрения. Разные люди по-разному воспринимают информацию: учёт этой особенности позволит более точно моделировать распространение сообщений в Интернете. Этой проблеме посвящено данное исследование.

### Сценарно-ориентированный подход обработки текста

Важным моментом является метод формализации новостного текста. Существует несколько способов отображения текста на естественном языке для компьютерной обработки. К самым распространённым можно отнести TF-IDF, Bag of words, word2vec.

Перечисленные методы сильны своей статистической составляющей, простотой интерпретации результатов и удобной формой представления текста. Однако, при всём при этом, сложно сказать, что они должным образом отображают семантико-содержательную сторону текста. Для анализа новостей крайне важно получить ответ на то, какой субъект над каким

объектом производит какие действия и в какой последовательности. Кроме этого, необходимо учитывать особенности новостного текста с точки зрения лингвистики. В идеале желательно извлекать ещё и предпосылки и причины действий, но оставим это за рамки данной статьи.

Ввиду этого предлагается сценарно-ориентированный подход представления текста. Смысл состоит в том, чтобы разбить текст новости на множества предложений (возможно, состоящих и из одного предложения), каждое из которых является реализацией одного из заранее заданных сценариев.

### Рассуждения на основе прецедентов

Основой предлагаемого решения является рассуждения на основе прецедентов (case-based reasoning). Описание этого подхода содержится в работах Р. Шэнка [1][2] и Дж. Колоднера [3]. Суть подхода состоит в решении новых проблем путём адаптации решений похожих проблем в прошлом. Процесс вывода на основе прецедентов состоит из четырёх шагов и называется CBR-циклом:

- извлечение: из библиотеки прецедентов извлекается наиболее близкий (подобный) прецедент для рассматриваемой проблемы;
- адаптация: извлечённое решение адаптируется, чтобы лучше соответствовать новой проблеме;
- оценка решения: адаптированное решение может быть оценено либо до его применения, либо после; в любом случае, если решение не подошло, то оно должно быть адаптировано ещё раз, либо извлечены дополнительные решения;
- обновление базы прецедентов: если решение прошло проверку успешно, новый прецедент добавляется в базу.

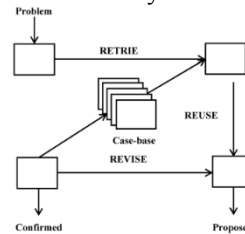


Рис. 2. CBR-цикл

### Схема моделирования рассуждения

С точки зрения рассуждений на основе прецедентов, необходимо описать следующие элементы: словарь, меру сходства, процедуру адаптации и форму прецедентов.

Словарь содержит список всех возможных сценариев и список типов сценариев с точки зрения структуры новостного текста (см. структура новостного текста).

Прецедент имеет следующую структуру:

- проблема: текст новости, представленный в виде последовательности сценариев;
- решение: вывод о новости

Мера сходства определяется как размер наибольшей общей подпоследовательности (НОП) последовательностей сценариев двух прецедентов. Сценарии считаются совпадающими, если они имеют один и тот же тип, а также совпадают объект или субъект сценариев. При этом, если размеры НОП совпадают с несколькими прецедентами, то более близкий прецедент определяется с позиции лексикографического порядка. Другими словами, совпадение более ранних сценариев ценнее, чем более поздних. Извлечение происходит методом к ближайших соседей.

Важнейшим моментом в подходе является использование онтологических моделей [4][5]. На их основе строится процедура адаптации. Согласно соответствующей онтологии, из кластера, которому принадлежит анализируемый прецедент, производится поиск аргументов и контраргументов. Задавая разные онтологические модели, возможно моделировать рассуждения разных точек зрения, а соответственно, и разные интерпретации одного и того же текста.

Теоретико-модельный подход к описанию прецедентов был разработан и применен к решению задач информационной безопасности [6], а также в медицине [7][8]. Этот подход основан на применении булевозначных и нечетких моделей [9][10]. В [9] введено понятие прецедентной модели и показано, что она является булевозначной моделью.

Обобщая выше сказанное, получаем следующий CBR-цикл:

- анализируемый текст представляется в виде последовательности реализаций сценариев,
- извлекается текст, наиболее близкий анализируемому с точки зрения сценарной структуры и содержания,
- адаптация рассуждения о найденном тексте к рассуждению об обрабатываемом тексте производится на основе заранее заданной онтологической модели соответствующей предметной области,
- сформулированное рассуждение сохраняется в базе прецедентов

#### **Заключение**

В статье рассмотрен подход к моделированию рассуждений о новостном тексте, который служит

основой для решения более общей задачи моделирования распространения новостных сообщений в Интернете. Особенностью предлагаемого подхода является порождение разных интерпретаций рассуждений, что в будущем позволит более гибко решать задачу моделирования распространения сообщений. Указана перспективность использования онтологического метода для внесения в моделирование рассуждений специфику контекста сообщения.

#### **Список используемых источников**

1. Schank R.C. Dynamic memory: A theory of reminding and learning in computers and people / R.C. Schank, Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
2. Schank R.C. Memory-based expert systems. Technical Report (# AFOSR. TR. 84- 0814) / R.C. Schank, New Haven: Yale University, 1984.
3. Kolodner J.L. An introduction to case-based reasoning // Artificial Intelligence Review. 1992. № 1 (6). С. 3–34.
4. Пальчунов Д.Е. Решение задачи поиска информации на основе онтологии. Бизнес-информатика. 2008. № 1 (3). С. 3-13.
5. Пальчунов Д.Е. Моделирование мышления и формализация рефлексии. Ч.2. Онтологии и формализация понятий. Философия науки. 2008. № 2 (37). С. 62-99.
6. Yakhyaeva G.E., Yasinskaya O.V. Application of Case-based Methodology for Early Diagnosis of Computer Attacks // Journal of Computing and Information Technology - CIT 22, 2014, 3, 145–150.
7. Найданов Ч.А., Пальчунов Д.Е., Сазонова П.А. Теоретико-модельные методы интеграции знаний, извлеченных из медицинских документов. Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2015. Т. 13. № 3. С. 29-41.
8. Пальчунов Д.Е., Яхьяева Г.Э., Ясинская О.В. Применение теоретико-модельных методов и онтологического моделирования для автоматизации диагностирования заболеваний. Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2015. Т. 13. № 3. С. 42-51.
9. Пальчунов Д.Е., Яхьяева Г.Э. Нечеткие алгебраические системы. Сибирский журнал чистой и прикладной математики. 2010. Т. 10. № 3. С. 76-93.
10. Пальчунов Д.Е., Яхьяева Г.Э. Нечёткие логики и теория нечётких моделей. Алгебра и логика, 54, № 1, 2015, с. 109-118.



## НЕЧЕТКАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ МС-ПОТОКОВ СОБЫТИЙ

А.Ту Нгуен, А.М. Кориков, А.Туан Нгуен  
Томский политехнический университет  
nguyenanhtu@tpu.ru

### Введение

Искусственные нейронные сети (НС) технологии занимают лидирующие позиции среди современных информационных технологий. В [1] предлагаются новые модели нечетких НС (ННС), использующих нечеткие функции активации (ФА) нейронов ННС. В настоящей работе исследуется возможность применения этих моделей ННС для решения задач кластеризации параметров МС (Markov Chain)–потоков событий, широко применяемых для решения многих прикладных задач в транспортных системах, системах связи и компьютерных сетях.

### Наборы данных для обучения ННС

Эксперименты по нейросетевой кластеризации МС-потоков событий выполнены на основе ННС, структура которой может быть представлена в виде многослойной однонаправленной сети. ННС состоит из входного слоя, одного скрытого слоя и выходного слоя. Скрытый слой состоит из 10 нейронов с нечеткими ФА, виды которых для нечетких нейронных сетей второго типа представлены в [1]. В этой же работе представлены четыре вида нечетких ФА, которые используются далее в настоящей работе.

Входными данными являются потоки, состоящие из 500 случайных процессов с параметром  $\lambda_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ). Данные каждого процесса получены из 1000 моментов времени. То есть, входные данные можно представить в виде матрицы размерности  $5000 \times 1000$ . Выходные данные также являются матрицей-вектором размерности  $5000 \times 1$ , состоящей из значений  $1, 2, \dots, 10$  соответственно с параметрами  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{10}$ .

### Алгоритм кластеризации K-средних

Для кластеризации параметров случайных процессов предлагается использовать алгоритм кластеризации K-средних, который является простым повторяющимся алгоритмом кластеризации, разделяющий определенный набор данных на заданное пользователем число кластеров  $k$  [2]. В нашей работе начальные точки алгоритма K-средних генерируются случайно и количество классов равно десяти.

### Описание ФА

Приведем описание ФА вида б [1] (рис.1).

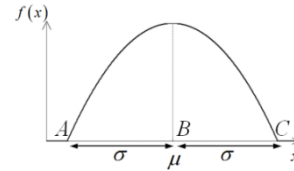


Рис. 1. Внешний вид ФА вида б

Набор точек  $\langle A, B, C \rangle$  на рисунке 1 является характеристическими точками ФА.

Известно, что  $f_L(x)$ ,  $f_R(x)$  являются полиномами второго порядка и  $f_L'(x) = 0$ ,  $f_R'(x) = 0$  в характеристических точках, т.е.

$$f_L(x) = \sum_{i=0}^2 a_i x^i \quad f_R(x) = \sum_{i=0}^2 b_i x^i. \quad (1)$$

Для ФА вида б [1], коэффициенты полиномов  $f_L(x)$  и  $f_R(x)$  задаются следующими выражениями:

$$a_0 = \frac{A^2}{(A-B)^2}; \quad a_1 = \frac{-2A}{(A-B)^2}; \quad a_2 = \frac{1}{(A-B)^2};$$

$$b_0 = \frac{C^2}{(B-C)^2}; \quad b_1 = \frac{-2C}{(B-C)^2}; \quad b_2 = \frac{1}{(B-C)^2}. \quad (2)$$

Зададим  $AB = BC = \sigma$ ; и  $B = \mu$ . Тогда  $f_L(x)$  и  $f_R(x)$  определяются следующим образом:

$$f_L(x) = \frac{1}{\sigma^2} x^2 + \frac{-2(\mu - \sigma)}{\sigma^2} x + \frac{(\mu - \sigma)^2}{\sigma^2}, \quad \mu - \sigma \leq x \leq \mu$$

$$f_R(x) = \frac{1}{\sigma^2} x^2 + \frac{-2(\mu + \sigma)}{\sigma^2} x + \frac{(\mu + \sigma)^2}{\sigma^2}, \quad \mu \leq x \leq (\mu + \sigma) \quad (3)$$

$\mu$  и  $\sigma$  называются центром и шириной функций активации.

Пусть  $a = (\mu - \sigma)$  если  $\mu - \sigma \leq x \leq \mu$  и  $a = (\mu + \sigma)$  если  $\mu \leq x \leq (\mu + \sigma)$ , тогда получим общее описание (обобщенная) ФА вида с:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma^2} x^2 + \frac{-2a}{\sigma^2} x + \frac{a^2}{\sigma^2}. \quad (4)$$

Аналогично описываются ФА других видов [1].

### Вычисление центров и ширины ядра функций активации

Алгоритм кластеризации K-средних используются для определения центра и ширины ФА нейронов ННС. Каждый кластер соответствует ядру ФА. Расположение центров ядра ФА определяется с помощью следующего уравнения:

$$\mu_i = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p X_j, \quad (5)$$

где  $\mu_i$  является центром  $i$ -ого нечеткого скрытого нейрона;  $p$  - количество данных в формируемом кластере;  $X_j$  -  $j$ -ый данный в  $i$ -ом кластере.

Настройка ширины ядра является трудной проблемой при построении ННС. Ширина ядра устанавливается на среднее расстояние между данными соответствующего кластера:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p (X_j - \mu_i)^2} \quad (6)$$

где  $\sigma_i$  является шириной  $i$ -ого нечеткого скрытого нейрона,  $\mu_i$  является центром  $i$ -ого нечеткого скрытого нейрона. Ширина ядра (5) гарантирует, что отдельные ФА не слишком острые или/и не слишком плоские.

#### Обучение ННС с использованием тестовых наборов данных

При построении ННС, задача корректировки весов сети между скрытым слоем и выходным слоем может быть отнесена к задачам оптимизации, обычно решаемыми методом наименьших квадратов. Веса ННС между скрытым слоем и выходным слоем рассчитываются с использованием метода псевдообращения [3].

$X_1, X_2, \dots, X_N$  представляют собой входные наборы данных о пространственных входных признаках, которые представляют собой реализации случайных процессов. Выход у ННС в наблюдаемый момент времени  $j$  ( $j = 1; 2; \dots; N$ ,  $N$  - количество наблюдаемых времени) имеет следующий вид

$$y_j = \sum_{i=1}^k w_i f(x_i), \quad j = 1; 2; \dots; N \quad (7)$$

где  $w_i$  - вес между выходным нейроном и  $i$ -ым скрытым нейроном,  $f(x)$  - обобщенная ФА,  $k$  - число нейронов скрытого слоя.

Уравнение (6) можно записать в виде:

$$Y = \Phi w$$

$$\Phi(\mu, \sigma, X) = \begin{bmatrix} \varphi_1(\mu_1, \sigma_1, X_1) & \dots & \varphi_K(\mu_K, \sigma_K, X_1) \\ \dots & \dots & \dots \\ \varphi_1(\mu_1, \sigma_1, X_N) & \dots & \varphi_K(\mu_K, \sigma_K, X_N) \end{bmatrix}$$

$$v = 1; 2; \dots; N \quad (8)$$

$\varphi$  - функция активации. Матрица  $\Phi$  (размерность  $N \times K$ ) называется выходной матрицей скрытого слоя нейронной сети;  $i$ -я строка  $\Phi$  является  $i$ -м скрытым выходным нейроном относительно входов  $X_1, X_2, \dots, X_N$ .

Пусть  $T$  - матрица выходных данных обучения. Если  $\Phi w = T$ , то выходные веса  $w$  вычисляются по формуле

$$w = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T T, \quad (9)$$

где  $(\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T$  является обобщенной псевдообратной выходной матрицей Мура-Пенроуза скрытого слоя.

Итак, основные параметры ННС определяются путем вычисления центров и ширины с использованием алгоритма кластеризации К-средних и определения весов выходного слоя ННС с использованием метода псевдообращения.

#### Результаты тестирования

Эксперименты проводились на базе процессора Core i5-4460 3,2 ГГц с 8 ГБ ОЗУ под MATLAB R2013a. В эксперименте набор данных тестирования генерируются случайно. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

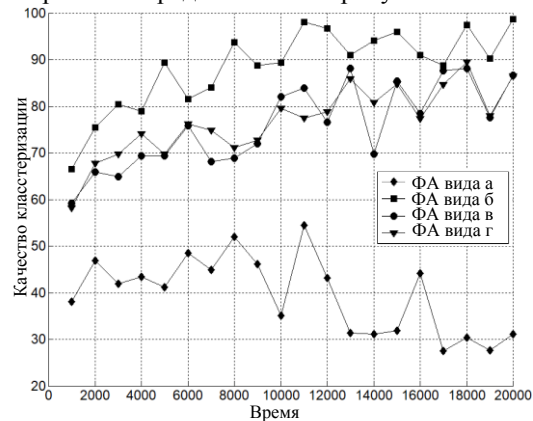


Рис. 2. Эффективность кластеризации по интенсивности МС-поток событий

Анализ графиков на рисунке 2 показывает что, разрабатываемые нами модели ННС успешно решают задачи кластеризации интенсивности МС-поток событий. При решении подобных задач ННС с ФА вида б имеют более высокую эффективность.

#### Заключение

Результаты исследования подтверждают эффективность применения ННС для решения задач кластеризации интенсивности марковских случайных потоков событий.

#### Список использованных источников

1. Нгуен А.Т., Кориков А.М. Модель нейронной сети с нечеткими функциями активации для прогнозирования временного ряда // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2016. – Т. 19. – № 4. – С. 50-52.
2. Пирсон Л. Наука данных для чайников / Л. Пирсон. – М.: Джон Уайли & сыновья, 2015. – 408с.
3. Сараев П.В. Использование псевдообращения в задачах обучения искусственных нейронных сетей // Электронный журнал "Исследовано в России". – 2001. - № 29. – С. 308-317.

## ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАМЕРЫ И ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА

Е. А. Погадаев

А. С. Фадеев

Томский политехнический университет

ear1@tpu.ru

### Введение

В настоящее время наблюдается рост применения автономных подвижных объектов, в частности, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) в различных сферах человеческой деятельности, таких как: доставка грузов, контроль технологического состояния объектов, их безопасности и функционирования, а также применение БПЛА и АНПА в военном секторе.

БПЛА способны выполнять автономные полеты, однако их собственная локализация зависит от глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Использование таких систем недостаточно в закрытых помещениях или в условиях помех по причине низкой точности позиционирования подвижного объекта.

В данной статье для повышения точности и надежности навигационной системы БПЛА предложено применение камеры и лазерного дальномера. Рассматриваемый подход расширяет возможности локального планирования траектории движения в неизвестной местности.

### Описание датчиков системы

В задаче беспилотного движения важнейшим фактором являются не только алгоритмы управления, а понимание машиной окружающего пространства. Выделяются пять типов датчиков, используемых при движении автономного объекта:

- лазерные дальномеры;
- камеры;
- ультразвуковые датчики;
- инфракрасные камеры.

По способам влияния на окружающую среду лазерные дальномеры относятся к активным средствам (изменяют энергетическое поле), камеры к пассивным. Ультразвуковые датчики и лидары различаются рабочей частотой. Камеры могут работать только в видимом диапазоне, а все остальные нет.

Автономные объекты с помощью камер получают изображение окружающего мира в видимом диапазоне, обрабатывают его и распознают объекты. Лазерные дальномеры применяются для измерения дальности в широком диапазоне. Измерительная информация поступающая от них занимает небольшой объем памяти. Ультразвуковые датчики дают возможность объединения в систему из нескольких датчиков, но дальность действия, ограниченная

единицами метров и низкая достоверность получаемых данных, может значительно ограничивать возможности использования.

Из представленной информации можно сделать вывод о том, что для работоспособности системы необходимо наличие камеры кругового обзора – для распознавания объектов, кругового лазерного дальномера – для измерения дальности до удаленных препятствий (в т.ч. в условиях ограниченной видимости).

### Практическое применение

Рассмотрим применение камеры для построения карты окружения. Главными проблемой считается интеграция информации, собранной с датчиков, ее интерпретация и определение местоположение на карте. Современным трендом является использование монокулярного SLAM (Simultaneous Localization And Mapping). В частности, самым современным алгоритмом считается метод LSD SLAM. Метод состоит из трех компонент:

- трекинг – оценка положения нового кадра относительно текущего ключевого кадра;
- построение карты – обрабатываются кадры с известным положением;
- оптимизация карты – устранение эффекта плавающего масштаба за счет поиска циклов в графе ключевых кадров [1].

Работоспособность метода обеспечивается за счет точной калибровки камеры, широкого угла обзора. Для оценки абсолютного масштаба карты разумным решением будет использование данных о перемещении по вертикальной оси [2].

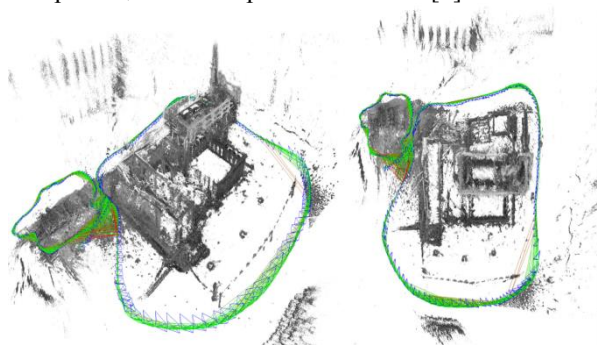


Рис. 1. Карта окружения, построенная с помощью метода LSD-SLAM с использованием камеры

На основе получаемых данных возможно позиционирование автономного подвижного объекта на карте, проверка столкновения и корректировки траектории объекта с

использованием стека библиотек FCL и ПИД-регулирования.

Недостатком такого метода на основе данных с камеры будет:

- узкий диапазон измерения дальности (расстояние до препятствия, скорость сближения с ним);
- необходима установка специальных маяков в помещении
- низкая точность измерения скорости окружающих объектов;
- сильное влияние внешних условий (недостаточная видимость, однотонные объекты на ярком фоне, освещенность и др.);
- задержка в обработке данных видеопотока.

Система SLAM благодаря данным от дальномера (полученный массив точек пространства) позволяет роботу определять свое положение в пространстве. Расстояние до препятствия получается для большого угла обзора

Преимущественно данное решение используют для реализации задач в закрытых помещениях.

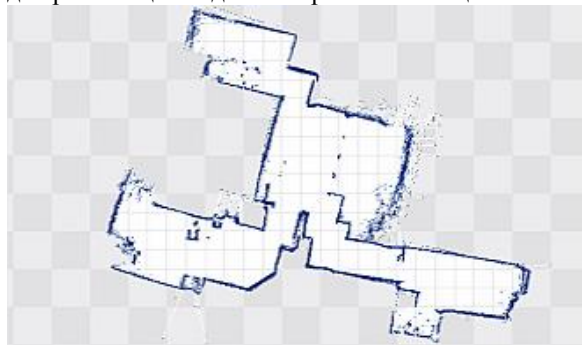


Рис.2. Карта окружения, построенная с помощью метода SLAM с использованием лазерного дальномера

Достоинством такого метода является более высокая точность локализации автономного подвижного объекта [3].

Недостатком данного метода является дороговизна лазерных дальномеров [4]. Кроме того, они чувствительны к отражающей способности окружающей среды, а также ограничены в пространстве действия [5].

#### **Заключение**

Из анализа двух подходов к реализации задачи позиционирования подвижного объекта предлагается альтернативное решение: применение перекрывающихся сенсоров – камеры и лазерного дальномера. В этом случае пространственная информация от датчиков совмещается, в следствии чего получаются более точные результаты.

Первостепенная роль отдается методу SLAM с использованием лазерного дальномера, использование камеры будет дополнительным корректирующим фактором за счёт более плотной карты пространства.

Значительный эффект состоит в том, что уменьшается время построения маршрута, за счет

более быстрой обработки данных и внесения корректировок по ходу движения с данных поступающих с камеры автономного подвижного объекта.

Предложенное решение обладает рядом преимуществ:

- увеличение границы сходимости SLAM – алгоритма;
- снижение накопленной ошибки позиционирования;
- повышение надежности прохождения траектории с препятствиями.

Дальнейшая работа заключается в исследовании эффективности предложенного метода в зависимости от параметров окружающего пространства.

#### **Список использованных источников**

1. Jakob Enge, Thomas Schops, Daniel Cremers LSD-SLAM: Large-Scale Direct Monocular SLAM, Computer Vision – ECCV 2014, 834-849
2. Навигация квадрокоптера с использованием монокулярного зрения [Электронный ресурс]. – URL: <https://habrahabr.ru/company/singularis/blog/276595/> (дата обращения 25.08.2017).
3. Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM): Part I The Essential Algorithms. [Электронный ресурс]. - URL: [http://www.cs.berkeley.edu/~pabbeel/cs287-fa09/readings/Durrant-Whyte\\_Bailey\\_SLAM-tutorial-I.pdf](http://www.cs.berkeley.edu/~pabbeel/cs287-fa09/readings/Durrant-Whyte_Bailey_SLAM-tutorial-I.pdf) (дата обращения: 20.08.2017)
4. 5 датчиков автопилота [Электронный ресурс]. – URL: <https://geektimes.ru/post/278534/> (дата обращения: 27.08.2017)
5. Герасимов В.Н. Система навигации сервисного робота в среде с динамическими препятствиями Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Москва, 2015 - 182 с.



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А.В. Собецкий

Научный руководитель: А.С. Фадеев

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет  
avs69@tpu.ru

### Введение

Четырехмоторный летательный аппарат называют так же квадрокоптером или дроном. При создании летательного аппарата необходимо уметь предсказывать его поведение при изменении тяги его двигателей, т.е. управлять им. Для этого разрабатывается математическая модель, описывающая конкретный аппарат [1].

### Математическое моделирование

В качестве фиксированной земной системы координат выберем географическую систему координат, оси которой направлены на Север, Восток и вниз вдоль местной вертикали. Тогда оси подвижной системы координат летательного аппарата будут ориентированы, как показано на рисунке 1.

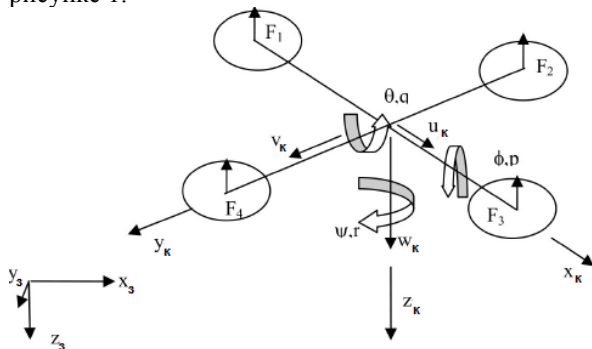


Рис. 1. Система координат квадрокоптера

Обозначим углы крена, тангажа и рыскания, через  $\phi$ ,  $\theta$  и  $\psi$ . Угловые скорости вокруг осей –  $p$ ,  $q$  и  $r$ . А поступательные скорости вдоль осей –  $u$ ,  $v$  и  $w$ . Подъемные силы, действующие на каждый пропеллер, обозначим буквой  $F$ .

Для перехода из подвижной системы координат в фиксированную, используются матрицы поворота (1.1), (1.2), (1.3) [2].

Матрица поворота  $R_x$  вокруг оси  $X_k$  на угол  $\phi$ :

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\phi) & \sin(\phi) \\ 0 & -\sin(\phi) & \cos(\phi) \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

Матрица поворота  $R_y$  вокруг оси  $Y_k$  на угол  $\theta$ :

$$R_y = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 & -\sin(\theta) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

Матрица поворота  $R_z$  вокруг оси  $Z_k$  на угол  $\psi$ :

$$R_z = \begin{bmatrix} \cos(\psi) & \sin(\psi) & 0 \\ -\sin(\psi) & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

Последовательность поворотов вокруг осей  $z$ - $y$ - $x$  описывается общей матрицей вращения  $D$  (1.4).

$$D = R_z R_y R_x \quad (1.4)$$

Были получены четыре системы уравнений, которые описывают кинематику и динамику квадрокоптера и являются его уравнениями движения.

Первая система уравнений связывает изменение положения квадрокоптера в фиксированной системе координат с изменением поступательных скоростей в подвижной системе (1.5).

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = D^{-1} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} \quad (1.5)$$

Вторая система уравнений описывает переход от угловых скоростей подвижной системы координат в фиксированную (1.6).

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = E^{-1} \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \quad (1.6)$$

Где  $E$  – матрица перехода от угловых скоростей из фиксированной системы координат к подвижной [3].

Воспользовавшись вторым законом Ньютона, получили третью систему (1.7), которая показывает изменение поступательных скоростей относительно действующих сил тяжести  $g$  и тяги пропеллеров  $T$ .

$$\begin{aligned} \dot{u} &= r \cdot v - q \cdot w - g \cdot \sin(\theta) \\ \dot{v} &= p \cdot v - r \cdot u + g \cdot \cos(\theta) \sin(\phi) \\ \dot{w} &= q \cdot u - p \cdot v + g \cdot \cos(\phi) \cos(\theta) - \frac{T}{m} \end{aligned} \quad (1.7)$$

Расписав угловые и крутящие моменты, действующие на летательный аппарат, получили четвертую систему (1.8).

$$\begin{aligned} \dot{p} &= \frac{l \cdot b}{I_x} (\Omega_2^2 - \Omega_4^2) - q \cdot r \frac{I_z - I_y}{I_x} \\ \dot{q} &= \frac{l \cdot b}{I_y} (\Omega_1^2 - \Omega_3^2) - p \cdot r \frac{I_x - I_z}{I_y} \\ \dot{r} &= \frac{d}{I_z} (\Omega_2^2 + \Omega_4^2 - \Omega_1^2 - \Omega_3^2) \end{aligned} \quad (1.8)$$

Где  $I_x$ ,  $I_y$  и  $I_z$  – моменты инерции;  $d$  – коэфф. сопротивления пропеллеров;  $l$  – расстояние от пропеллера до центра тяжести летательного аппарата;  $\Omega_i$  – скорость  $i$ -го пропеллера.

### Моделирование в Matlab

На рисунке 2 представлена динамическая модель квадрокоптера в Simulink.

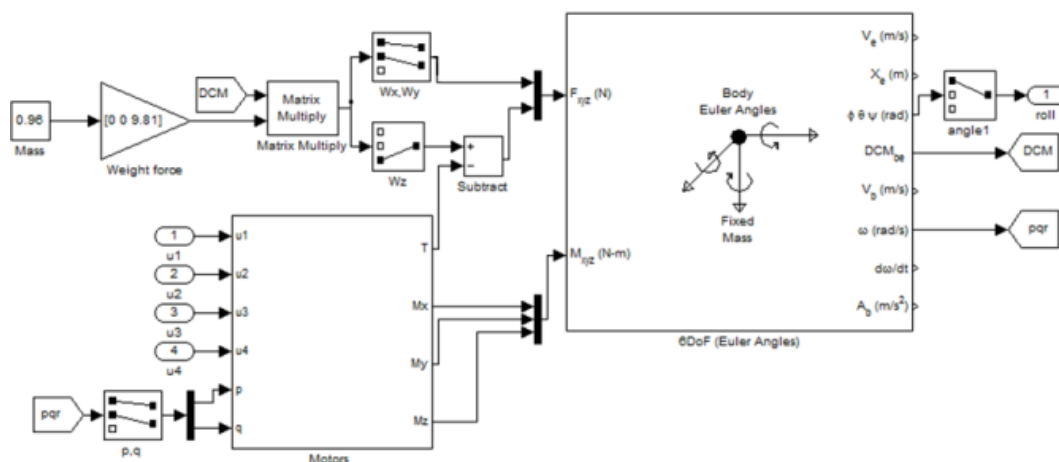


Рис. 2. Динамическая модель квадрокоптера в Simulink

В модели используется блок 6DOF из встроенной библиотеки Aerospace Blockset. Блок содержит все необходимые уравнения движения, которые были выведены ранее.

Силами, действующими на квадрокоптер является сила тяжести  $g$ , тяга двигателей  $T$  и внешние крутящие моменты  $M$  по осям  $X, Y$  и  $Z$ . На выходе блока 6DOF получается матрица поворота DCM для перевода из земной системы координат в подвижную систему летательного аппарата, угловые скорости  $p, q$  и  $r$ , углы поворота  $\phi, \theta$  и  $\psi$  в радианах.

Блок Motors моделирует поведение моторов, входными параметрами являются скорости каждого из четырех пропеллеров в рад/сек и угловые скорости  $p, q$ . Выходными параметрами блока являются моменты вращения  $M$  и сила тяги  $T$ .

Для стабилизации положения летательного аппарата был настроен ПИД регулятор, для этого использовался встроенный блок PID с автонстройкой параметров.

Реакция на входное ступенчатое воздействие для угла крена показана на рисунке 3.

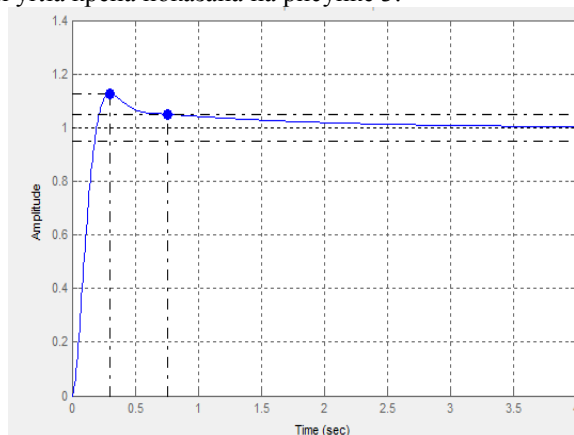


Рис. 3 – Переходный процесс угла крена

Найденные коэффициенты ПИД-регулятора обеспечивают хорошее качество регулирования, за 0.7 сек. летательный аппарат принимает заданное положение без существенного перерегулирования.

## Заключение

Описав действующие на квадрокоптер силы, получили уравнения движения, которые представляют собой зависимость угловых координат летательного аппарата от действующих на него сил. Полученные уравнения полностью описывают поведение летательного аппарата и являются его математической моделью.

Так же была произведена симуляция в Simulink с целью нахождения коэффициентов ПИД регулятора для стабилизации положения летательного аппарата вокруг своих осей.

## Список использованных источников

1. Собоцкий А.В., 2017. Идентификация и создание системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом. Томский Политехнический университет.
2. А.С. Климчик, Р.И. Гомолицкий, 2008. Разработка управляющих программ промышленных роботов. Курс лекций. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники.
3. Cook, M.V., 1997. Flight Dynamics Principles 1st ed., John Wiley & Sons.

## ПРИМЕНЕНИЕ ФАЗОЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ЛОКАЦИИ УТЕЧЕК КОРРЕЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Фаерман В.А., Марукян В.М.  
Томский политехнический университет  
[vaf@tpu.ru](mailto:vaf@tpu.ru), [vano15.94@mail.ru](mailto:vano15.94@mail.ru)

### Введение

Трубопроводные системы различного назначения на протяжении длительного времени были критически важным элементом инфраструктуры и не утратили своего значения сейчас. Магистральные трубопроводы являются неотъемлемой частью нефте- и газотранспортных систем, в то время как сравнительно малые водопроводы – основой коммунальных сетей.

Эффективная эксплуатация трубопроводных систем является масштабной народохозяйственной задачей и её решение требует реализации целого ряда мероприятий: мониторинг состояния инфраструктуры, своевременная замена выработавших свой ресурс участков, оперативная ликвидация последствий аварий. В случае с магистральными транспортными трубопроводами – данную задачу можно считать в значительной степени решенной [1]. Однако, полная реализация описанного набора мероприятий по отношению к коммунальным сетям не представляется возможной в обозримом будущем. Последнее объясняется колоссальными масштабами задачи – суммарная протяжённость уличных коммунальных сетей в населённых пунктах составляет более 600 тыс. км [2], в то время как более 40% трубопроводов выработали свой ресурс [2].

Тем не менее снижение издержек при эксплуатации коммунальных сетей возможно за счёт снижения потерь, возникающих в результате аварий [3], в частности, за счёт обнаружения и устранения скрытых утечек. При этом, сроки устранения течи и сопутствующие затраты также имеют значение.

### Корреляционно-акустический метод

Суть метода заключается в приёме акустических волн, возникающих при истечении через отверстие в трубе жидкости под давлением, парой акустических преобразователей и последующей оценке времени запаздывания между сигналами, поступающими по каждому из измерительных каналов [4]. Метод был разработан в 70-ые годы прошлого века и предназначался преимущественно для непрерывного мониторинга состояния технологических трубопроводов [5], однако в последующие годы получил более широкое распространение в портативных системах для оперативного контроля состояния водопроводных сетей [6].

Эффективность применения метода (точность и достоверность локации течей) определяется одновременно как аппаратными средствами, составляющими измерительные каналы, так и

программными решениями, реализующими алгоритмы обработки сигнала [6].

### Оценка времени запаздывания

Основной задачей программной обработки сигналов является оценка времени запаздывания между сигналами измерительных каналов [7]. Краткое математическое описание задачи представлено далее. Пусть сигналы каналов ( $s_A(t_i)$ ,  $s_B(t_i)$ ) описываются как

$$s_A(\Delta t \cdot i) = s_0(\Delta t \cdot i) + N(\Delta t \cdot i),$$

$$s_B(\Delta t \cdot i) = s_0'(\Delta t \cdot i + \tau_0) + N(\Delta t \cdot i),$$

где  $s_0(t_i)$ ,  $s_0'(t_i)$  – сигнал утечки (на каждом из датчиков),  $N(t_i)$  – реализация случайного шума,  $\tau_0$  – время запаздывания,  $\Delta t$  – частота дискретизации. Тогда задача может быть описана следующим образом:

$$E(s_A(t_i), s_B(t_i)) = \tau_0,$$

где  $E(\cdot)$  – метод оценки времени запаздывания.

В соответствии с классификацией, представленной в [7] выделяют временные и спектральные группы методов. Однако, также можно выделить параметрические и частотно-временные методы [8, 9].

### Спектральный метод оценки времени

Суть метода состоит в вычислении отсчётов взаимного фазового спектра принятых сигналов [10]

$$\Theta_{AB}(f_k) = \arg S_{AB}(f_k),$$

где  $S_{AB}(f_k)$  – отсчёты комплексного взаимного спектра сигналов  $s_A(t_i)$ ,  $s_B(t_i)$ . При этом, известно [8, 10], что функция  $\Theta_{AB}(f_k)$  обладает следующим свойством

$$\Theta_{AB}(f_k) = 2\pi \left( \left\{ f_k \cdot \tau_0 + \frac{1}{2} \right\} - \frac{1}{2} \right),$$

если шумовыми составляющими  $N(\Delta t \cdot i)$  можно пренебречь. Данное свойство может быть интерпретировано следующим образом: взаимный фазовый спектр представляет собой пилообразную функцию, причём крутизна наклона её линейных звеньев пропорциональна задержке  $\tau_0$  [10]. Данное свойство может быть потенциально использовано для определения величины  $\tau_0$  [7], однако практическая реализация подобных алгоритмов затруднительна [11].

### Способ проверки корреляционного пика

Несмотря на то, что использование представленного выше метода непосредственно для решения задачи определения времени  $\tau_0$  затруднительно, он может быть использован для дополнительной оценки достоверности обнаружения утечек с помощью частотно-временного корреляционного анализа, описанного в [12]. Предложенный в [12] метод позволяет



оценить не только  $\tau_0$ , но и частотный диапазон  $[f_l \dots f_r]$  в котором сосредоточен сигнал утечки.

Используя эту информацию может быть сгенерирована эталонная пилообразная функция  $F(f_k)$  (для найденной оценки  $\bar{\tau}_0$ ), представленная на рисунке 1 сверху. В дальнейшем, сравнение вида эталонной функции и взаимночастотной характеристики  $\Theta_{AB}(f_k)$  сигналов, представленной на рисунке 1 снизу, позволит сделать вывод о корректности определения положения корреляционного пика.

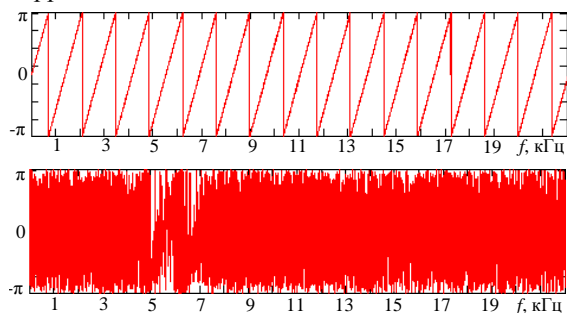


Рис.1. Фазочастотные характеристики

Сравнение осуществляется автоматически с применением аппарата корреляционного анализа. Для этого находится коэффициент корреляции между отсчетами эталонной функции и фазочастотной характеристики в диапазоне частот, в котором находится корреляционный пик  $[\bar{f}_l \dots \bar{f}_r]$ . Результат выполнения данного алгоритма с плавающим окном представлен на рисунке 2.

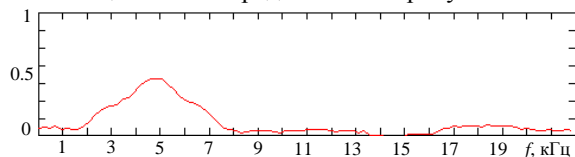


Рис. 2. Сходство между эталонной функцией и фазочастотной характеристикой

#### Заключение

Из рисунка 2 видно, что отличные от нуля значения сосредоточены близ частот, в которых присутствует корреляционный пик, что подтверждает достоверность его определения. Таким образом, предложенный в работе способ позволяет произвести проверку достоверности определения корреляционного пика, соответствующего сигналу утечки.

#### Список использованных источников

1. Канева М.А. Формирование системы мониторинга состояния нефтепромысловых трубопроводов в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа. – 2007. – № 18. – С 25-30.
2. Жилищное хозяйство в России: статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики; под ред. И.Д. Масаковой. – М.: Росстат, 2016. – 63 с.
3. Павленков М.Н., Кемайкин Н.К. Современное состояние и проблемы в сфере жилищно-

коммунального хозяйства города // Российское предпринимательство. – 2013. – № 19 (241). – С. 32-45.

4. Алексеев В.И. Корреляционно-экстремальный метод оценивания координат мест утечек нефти в магистральных нефтепроводах // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2013. – № 2 (92). – С. 92-99.
5. Pat. 4083229 A US. Method and apparatus for detecting and locating fluid leaks / A. R. Anway (US). – US 05/727,359; заявл. 28.09.1976; опубл. 11.04.1978.
6. Fuchs H.V., R. Riehle. Ten Years of Experience with Leak Detection by Acoustic Signal Analysis // Applied Acoustics. – 1991. – Vol. 33. – pp. 1-19.
7. Gao Y., Brennan M.J., Joseph P.F. A Comparison of Time Delay Estimators for the Detection of Leak Noise Signals in Plastic Water Distribution Pipes // Journal of Sound and Vibration. – 2006. – Vol. 292. – Iss. 3-5. – pp. 552-570.
8. Wen J., Li P., Wen Yu. A new method for unbiased time-delay estimation in noisy environment // International Journal of Adaptive Control and Signal Processing. – 2007. – Vol. 21. – pp. 623-634.
9. Лапшин Б.М. Опыт применения течеискателя ТАК-2005 в городском трубопроводном хозяйстве / Лапшин Б.М., Овчинников А.Л., А.С. Чекалин, А.С. Евсиков // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 2. – С. 196.
10. Фирсов А.А., Терентьев Д.А. Алгоритм повышения точности локации при корреляционном течеискании, основанный на анализе функции взаимного спектра // Контроль. Диагностика. – 2014. – № 8. – С. 23–27.
11. Gao Y., Brennan M.J., Joseph P.F. A Comparison of Time Delay Estimators for the Detection of Leak Noise Signals in Plastic Water Distribution Pipes // Journal of Sound and Vibration. – 2006. – Vol. 292. – Iss. 3-5. – pp. 552-570.
12. Чан В.Т. Частотно-временной корреляционный анализ в задачах определения координат утечек в трубопроводах / В.Т. Чан, В.С. Аврамчук, В.И. Гончаров // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – № 2. – Т. 317. – С. 70-73.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) проект 16-37-00049 «мол\_а».*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИ НАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА

Федоров В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Буханченко С.Е.

Томский политехнический университет

[vvf4@tpu.ru](mailto:vvf4@tpu.ru)

### Введение

Сегодня в процессе эксплуатации узлы трения современных технических систем большинства машин и механизмов подвержены сложному динамическому нагружению (скоростному, силовому, температурному, вибрационному и т.п.), что приводит к их высокой нагруженности, существенному снижению долговечности и работоспособности [1]. По сути узел трения представляет собой торсионную систему.

Для определения наиболее благоприятных условий функционирования и подбора оптимального сочетания конструктивных материалов и смазочных сред, применяемых в узлах трения, необходимо воспроизводить их реальные условия эксплуатации с максимально возможной точностью. Для решения этой проблемы необходимо обеспечить требуемый закон нагружения исполнительного органа при его определенном угловом положении в механизме при вращательном движении при наличии внешнего силового динамического нагружения.

### Разработка математической модели

На основе физической модели привода главного движения (рис.1) для теоретического исследования режимов работы узла скоростного нагружения технической системы была построена блок-схема, изображенная на рис. 2.

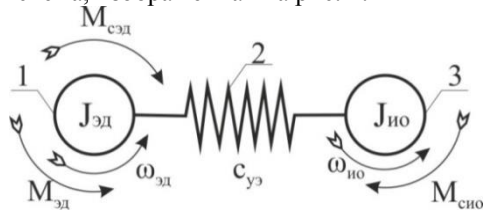


Рис. 1. Физическая модель привода.

Привод главного движения исполнительного органа состоит из блока управления, отслеживающего угловую скорость вращения и

электродвижущий момент на валу электродвигателя через обратную отрицательную связь, механического передаточного устройства – упругого элемента и исполнительного органа. Упругий элемент соединяет вал электродвигателя с валом исполнительного органа. В приводе предусмотрены обратные связи по отслеживанию угла поворота вала электродвигателя и углу закручивания упругого элемента.

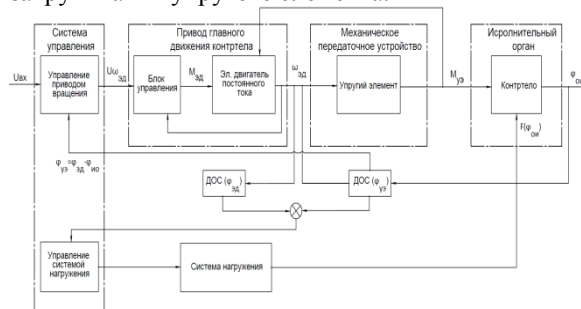


Рис. 2. Блок-схема узла нагружения.

Система управления в процессе работы обеспечивает заданный закон изменения скорости вращения исполнительного органа технической системы и определяет действительный угол его поворота путем суммирования значений угла поворота вала электродвигателя и угла закручивания упругого элемента, при этом в требуемый момент времени обеспечивает приложение нормальной нагрузки на исполнительный орган. Таким образом, обеспечивается формирование заданного закона нагружения исполнительного органа при определенном его угловом положении.

В соответствии с блок-схемой была разработана структурная схема узла скоростного динамического нагружения реальной технической системы, представленная на рис. 3. На ее основе была построена математическая модель.



Рис. 3. Структурная схема узла динамического нагружения.

В соответствии со структурной схемой (рис.3) работа привода главного движения

исполнительного органа описывается системой дифференциальных уравнений в виде:

$$\begin{cases} T_1^2 \frac{d^2 \varphi_{\text{эд}}}{dt^2} + 2 \xi_1 T_1 \frac{d\varphi_{\text{эд}}}{dt} + \varphi_{\text{эд}} = K_1 U_{\text{вх1}} + \varphi_{\text{ио}} \\ T_2^2 \frac{d^2 \varphi_{\text{ио}}}{dt^2} + 2 \xi_2 T_2 \frac{d\varphi_{\text{ио}}}{dt} + \varphi_{\text{ио}} = \varphi_{\text{эд}} + K_2 M_{\text{пр}} \end{cases}, \quad (1)$$

Из системы уравнений (1) получены две передаточные функции.

$$W_1(p) = \frac{\varphi_{\text{эд}}}{U_{\text{вх1}}} = \frac{K_1}{T_1^2 p^2 + 2 \xi_1 T_1 p + 1}, \quad (2)$$

$$W_2(p) = \frac{\varphi_{\text{ио}}}{M_{\text{пр}}} = \frac{K_2}{T_2^2 p^2 + 2 \xi_2 T_2 p + 1}, \quad (3)$$

Искажение угловой скорости вращения вала электродвигателя  $\omega_{\text{эд}}$ , соответственно его угла поворота  $\varphi_{\text{эд}}$  системы “электродвигатель – упругий элемент” определяется жесткостью упругого элемента  $c_{\text{уз}}$ , негативное влияние которого компенсируется, согласно структурной схеме, обратной связью по углу закручивания упругого элемента  $k_{\text{фюз}}$ . С другой стороны, искажение угловой скорости вращения исполнительного органа  $\omega_{\text{ио}}$ , соответственно его угла поворота  $\varphi_{\text{ио}}$ , и угла закручивания упругого элемента  $\varphi_{\text{уз}}$  системы “упругий элемент – исполнительный орган” определяется соотношением потерь на трение в исполнительном органе и жесткости упругого элемента  $c_{\text{уз}}$ .

Для математического моделирования режимов нагружения было написано приложение на базе программного обеспечения LabView компании NI, диалоговое окно которого представлено на рис.4.

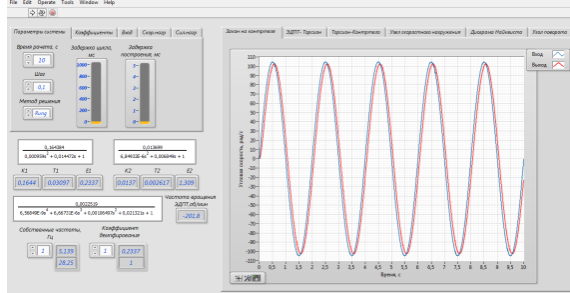


Рис. 4. Диалоговое окно приложения.

Приложение производит расчет и вывод на панель управления коэффициентов передаточной функции, временные и частотные характеристики.

#### Исследование математической модели

На рисунке 5 приведены законы изменения угловой скорости входного сигнала и угловой скорости на исполнительном органе. Видно, что изменение угловой скорости исполнительного органа происходит с отклонением, наблюдается расхождение сигналов по фазе и амплитуде.

Для получения необходимого закона изменения угловой скорости исполнительного органа во времени был определен закон поправки входного сигнала, позволяющий исключить все потери в приводе вращения.

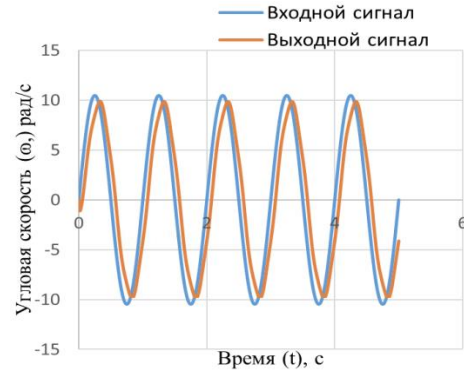


Рис. 5. Расхождение угловой скорости.

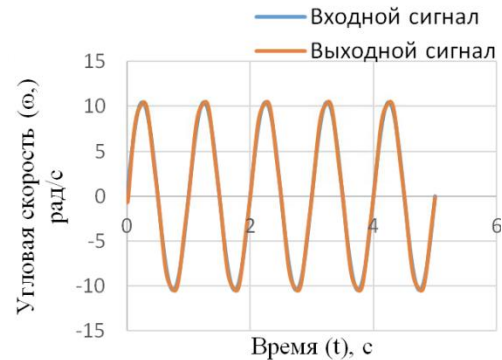


Рис. 6. Изменение угловой скорости после коррекции.

Исходный сигнал был сдвинут по фазе влево, с целью исключить запаздывание угловой скорости, а для устранения искажения угловой скорости по амплитуде коррекцию осуществили коэффициентом  $k_{\text{фюз}}$  (рис.6).

#### Заключение

В работе определена передаточная функция привода вращения и проведено теоретическое исследование математической модели, разработано специализированное приложение, позволяющее проводить математическое моделирование динамических режимов нагружения узлов трения. Определены поправочные коэффициенты, позволяющие оптимизировать входной сигнал с учетом негативного влияния потерь в приводе вращения исполнительного органа.

#### Список использованных источников

1. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник/ Комбалов В.С.— М.: Машиностроение, 2007.— 384 с.
2. Буханченко С.Е. Автоматизированный комплекс для трибодиагностики пар трения вращательного и возвратно-вращательного действия в условиях, максимально приближенных к реальным.// Контроль. Диагностика. Научно-технический журнал российского общества по неразрушающему контролю и технической диагностике. — Москва: Изд-во Маш-ние, 2009, №7. С.60-66.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА «ГС-50» ДЛЯ УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ.

Михеенко М.О., Фидченко М.В.

Рыбин Ю.К.

НИ ТПУ; Mikheenkomaia@gmail.com

Для утверждения типа генератора необходимо определить следующие его метрологические характеристики:

- коэффициент гармоник
- погрешность установки частоты
- неравномерный уровень выходного напряжения [1]

Первым делом было решено исследовать неравномерный уровень выходного напряжения.

Неравномерный уровень выходного напряжения – характеристика, показывающая как искажается выходное напряжение генератора при изменении частоты [2]

В качестве средств измерений были выбраны два прибора:

- 1) Вольтметр В7-40/1
- 2) Мультиметр Agilent 3485A

Измерения проводились при напряжениях 10, 1, 0.1 и 0.01 В, за базовую частоту бралось значение в 1 кГц, измерялось напряжение на интервале от 10 Гц до 100 кГц. Измерения производились отдельно.

Результаты представлены в таб. 1-4 и на рис. 1-4.

Таблица 1. Измерение напряжения при установленном напряжении 10В

f, Гц	U <sub>В7-40</sub> , В	U <sub>Agilent</sub> , В
10	9,86	9,9846
20	9,966	9,9973
40	9,997	10,0018
80	10,006	10,0029
100	10,007	10,0013
200	10,009	10,0015
400	10,011	10,0017
800	10,012	10,0017
1000	10,01	10,0017
2000	10,01	10,0018
4000	10,01	10,0019
8000	10,009	10,0021
10000	10,007	10,0024
20000	9,991	10,0029
40000	9,941	10,0025
80000	9,921	9,9955
100000	9,985	9,9895

Таблица 2. Измерение напряжения при установленном напряжении 1В

f, Гц	U <sub>В7-40</sub> , В	U <sub>Agilent</sub> , В
10	0,9851	0,99788
20	0,9959	0,99965
40	0,999	1,00018

Продолжение таблицы 2

80	0,9999	1,00033
100	1,0007	1,00031
200	1,0003	1,00029
400	1,0004	1,00027
800	1,0004	1,00026
1000	1,0002	1,00031
2000	1,0004	1,00029
4000	1,0005	1,00026
8000	1,0006	1,00023
10000	1,0006	1,0002
20000	1,0002	1,00004
40000	0,9988	0,99914
80000	1	0,99576
100000	1,0037	0,99327



Рис. 1. Измерение напряжения при установленном напряжении 10В

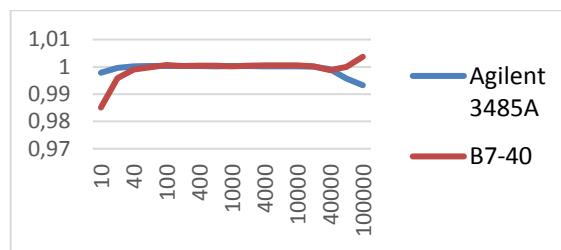


Рис. 2. Измерение напряжения при установленном напряжении 1 В

Таблица 3. Измерение напряжения при установленном напряжении 0,1В

f, Гц	U <sub>В7-40</sub> , мВ	U <sub>Agilent</sub> , мВ
10	98,53	99,886
20	99,56	99,981
40	99,87	100,021
80	99,96	100,018
100	99,92	100,057
200	99,99	100,016
400	100,02	100,026
800	100,02	100,031
1000	100,02	100,011
2000	100,02	100,013

Продолжение Таблицы 3

4000	100,03	100,018
8000	100,06	100,024
10000	100,06	100,028
20000	100,11	100,032
40000	100,26	99,967
80000	101,37	99,925
100000	102,45	99,759

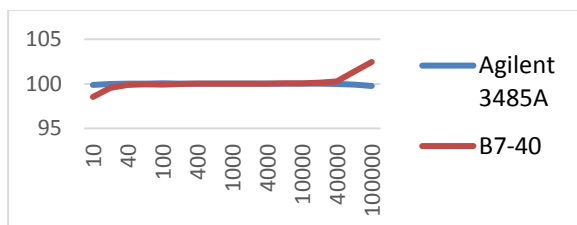


Рис. 3. Измерения напряжения при установившемся напряжении 0,1 В

Таблица 4. Измерение напряжения при установившемся напряжении 0,01 В

f, Гц	$U_{B7-40}$ , мВ	$U_{Agilent}$ , мВ
10	9,84	9,905
20	9,95	9,918
40	9,98	9,92
80	9,99	9,923
100	9,99	9,993
200	9,99	9,991
400	10	9,993
800	10	9,995
1000	10	9,996
2000	10	9,986
4000	10	9,983
8000	10	9,981
10000	9,99	9,982
20000	9,98	9,978
40000	9,93	9,974
80000	9,84	9,951
100000	9,82	9,941

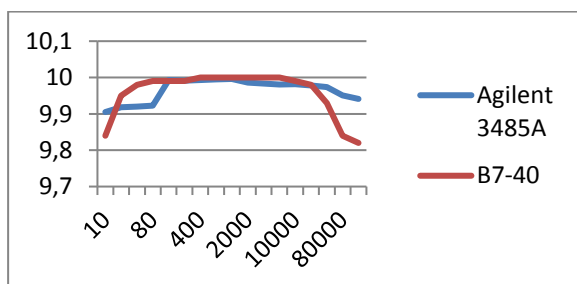


Рис. 4. Измерение напряжения при установившемся напряжении 0,01 В

Все измерения входят в интервал погрешностей данных средств измерений.

В виду различия значений на границах диапазона частоты было принято решение о совместных измерениях двумя средствами измерений.

Проведя совместные измерения различия значений так же подтвердились, в связи с этим было решено получить информацию о том, как средства измерений вычисляют отображаемое значение.

Исследовав документацию, прилагаемую к данным средствам измерения, было выяснено, что оба средства измерения вычисляют среднеквадратичное значение напряжения.

Для дальнейшего выяснения различий в результатах измерения было принято решение провести измерения на моделях данных средств измерений, созданных с помощью программного обеспечения Multisim.

#### Список использованных источников

1. Рыбин Ю. К. – Аналоговые генераторы измерительных сигналов произвольной формы. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Москва. 2014
2. Генератор сигналов прецизионный ГС-50: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Научно-производственный центр «Поликом» Томского научно-технологического парка, 1991. – 84 с.



## СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ И СИНТЕЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ЧАСТОТНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ

А. А. Фирсанков

Научный руководитель – к.т.н., доцент кафедры АиКС А. С. Фадеев  
Томский политехнический университет  
aaf20@tpu.ru

### Введение

На сегодняшний день актуальной задачей является задача получения нотной записи многоголосной мелодии по звукозаписи музыкального произведения.

Для создания определенной системы идентификации музыкального произведения и преобразования его из амплитудно-временного формата в объектной необходимо решить такую фундаментальную задачу, как распознавания его структуры сигнала и идентификации его составляющих, локализованных во времени. Это объясняется тем, что система нуждается в подробном векторном описании структуры сложного музыкального сигнала. Такое описание необходимо для идентификации всех составляющих сигнала.

Поэтому цель данной работы заключалась в получении векторного описания записанных звуков музыкальных инструментов, их синтезе и сравнении характеристик полученных сигналов.

### Идентификация составляющих сигнала

Для идентификации структуры сигнала были выбраны звуки музыкальных инструментов: фортепиано, колокольчик, труба. Звуки инструментов хранятся в WAVE-файлах, которые представляют собой массивы со значениями амплитуд по времени.

Наиболее информативная характеристика музыкального сигнала – амплитудно-частотно-временная характеристика. Такая характеристика была получена с помощью преобразования Фурье. Она изображена на рисунке 1 и показывает структуру сигнала. Он состоит из основной гармонической составляющей (или по-другому гармоники) с самой низкой частотой колебания и остальными высшими гармониками.

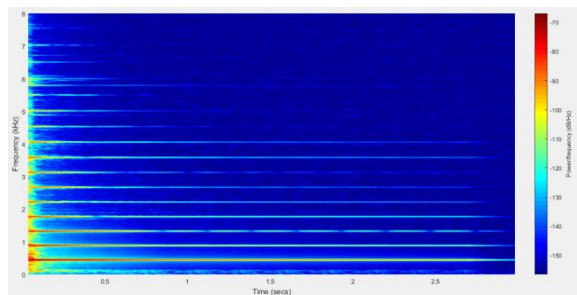


Рис. 1. Структура музыкального сигнала, инструмент «фортепиано»

### Аналитическое описание

Анализируя поведение первых основных гармоник трех записанных инструментов (Рисунок 2), можно выделить следующие закономерности.

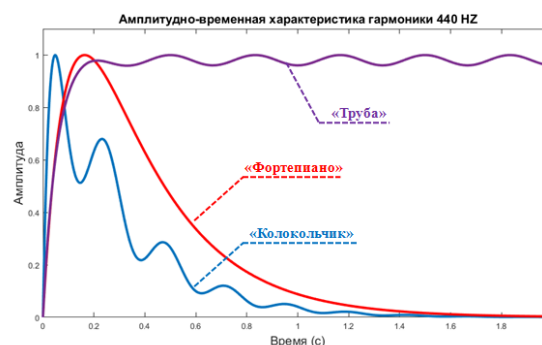


Рис. 2. Амплитудно-временная характеристика первых гармоник инструментов

Наиболее тривиальное поведение наблюдается у гармоники фортепиано. Её амплитуда резко возрастает и затухает экспоненциально. Похоже ведет себя и гармоника колокольчика, но при затухании наблюдаются колебания её амплитуды. Амплитуды гармоники трубы начинают колебаться также после возрастания, но её затухание не наблюдается.

Таким образом, в ходе исследования, было получено аналитическое описание таких сигналов. В общем виде может быть выражено через эмпирическую формулу:

$$f(t) = \sum_{i=1}^n A_i(t) \cdot \sin(2\pi\nu_i \cdot t + \varphi_i),$$
 где  $\sin(2\pi\nu_i \cdot t + \varphi_i)$  – гармоническая компонента (гармоника) сигнала;

$\nu_i$  – частота гармонической компоненты;

$\varphi_i$  – сдвиг по фазе гармонической компоненты;

$$A(t) = k_1 \cdot (e^{-k_2 t} - e^{-k_3 t}) \cdot (1 + k_4 \cdot \sin(2\pi \cdot k_5 \cdot t + k_6))$$
 – функция огибающей колебаний каждой компоненты сигнала;

$k_1$  – параметр, влияющий на максимальное значение амплитуды сигнала;

$k_2$  – параметр, влияющий на время затухания сигнала, если  $k_2 = 0$ , то затухание отсутствует;

$k_3$  – параметр, влияющий на скорость нарастания сигнала;

$k_4$  – амплитуда гармонической составляющей, при  $k_4 = 0$  гармоническая составляющая отсутствует;

$k_5$ — частота колебаний гармонической составляющей;  
 $k_6$ — сдвиг по фазе гармонической составляющей.

Такое описание универсально для всех трех исследуемых инструментов. Поведение гармоник определяется лишь набором коэффициентов.

### Получение векторов коэффициентов для каждой гармоники

Начальное приближение коэффициентов было реализовано изменением коэффициентов для получения похожей формы огибающей амплитуды с помощью онлайн-сервиса desmos (URL: [www.desmos.com](http://www.desmos.com)).

Затем, методом средних квадратов подбирается более точное значение коэффициентов, что минимизирует среднее квадратичное отклонение полученных сигналов от оригинальных. В таблице 1 представлены результаты поиска коэффициентов для инструмента «колокольчик».

Таблица 1. Значения коэффициентов для каждой гармоники инструмента «колокольчик»

№	$\nu$ (Гц)	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$
1	440	1,2	3,6	35,8	0,3	4,1	1,1
2	1760	0,4	4,9	2645,7	0,6	3,7	1,8
3	4080	1,5	28	2071,0	-0,9	1,1	7,3
4	4280	0,8	186,3	188,5	0	0	0
5	6320	0,8	155,3	158	0	0	0
6	6730	0,0	73	77,6	0	0	0
7	9020	0,1	100,1	109,8	0	0	0

Такая процедура была проделана для всех гармоники всех трех инструментов. Из полученных коэффициентов были сформированы соответствующие таблицы.

После того, как наборы коэффициентов для каждой составляющей каждой гармоники определены, появляется возможность получения полного аналитического описания для звука эталонной ноты конкретного музыкального инструмента.

### Обобщение методики идентификации

Таким образом, целесообразно выделить следующие шаги идентификации гармонических составляющих музыкального сигнала:

Шаг 1: Выбирается эталонная нота одного инструмента;

Шаг 2: Определяется диапазон частот сигнала для идентификации его структуры;

Шаг 3: Формируется амплитудно-частотно-временная характеристика сигнала;

Шаг 4: Определяются значения частот, на которых располагаются основные гармоники;

Шаг 5: Формируется массив значений амплитуд по времени для каждой гармоники по её частоте. Данный процесс был автоматизирован средствами MATLAB;

Шаг 6: Методом средних квадратов подбираются вектора коэффициентов для каждой из гармоник, таким образом, чтобы поведение функции, описанной предложенной формулой, как можно точнее совпадало с поведением функции построенной по значениям массива амплитуд анализируемой гармоники.

Таким образом, наличие набора векторов коэффициентов для всех гармоник означает идентификацию структуры сигнала и получение его векторного описания, что и являлось целью данной работы.

### Синтез и анализ результатов

После получения аналитического описания и набора всех коэффициентов звуки были синтезированы и сформированы в WAVE-файлы. Был проведен анализ их характеристик. Все синтезированные сигналы схожи с оригинальными согласно слуховому и визуальному анализу.

### Заключение

В результате исследования были получены следующие результаты.

1 Изучены структура исследуемых инструментов и поведение каждой значимой составляющей сигнала.

2 Получено обобщенное эмпирическое аналитическое выражение моделей сигналов музыкальных инструментов для разных типов инструментов.

3 Предложена и обобщена методика идентификации динамических составляющих сложных сигналов.

4 Получены ранее не описанные свойства музыкальных инструментов.

### Список использованных источников

1. Фадеев, А. С. Метод преобразования форматов музыкальной информации [Текст] / А. С. Фадеев, Е. А. Кочегурова // Цифровая обработка сигналов. — 2007. — № 3. — С. 46—51.

2. Цифровая обработка сигналов: учебник для вузов / под ред. А.Б. Сергиенко. — СПб.: Питер, 2002. — 512 с.

3. Spectrogram using short-time Fourier transform [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.mathworks.com/help/signal/ref/spectrogram> (дата обращения 04.05.2017)



## РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ БАНКА В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ SIMULINK

Султанбекова М.К.

Бабушкин Ю.В.

Томский политехнический университет

smarzhank@mail.ru

### Введение

Работа посвящена разработке и исследованию динамической модели банка. Целью исследования является математическое описание, реализация и моделирование динамики банка.

Модель позволяет оценивать влияние внешних и внутренних условий на развитие и конечную прибыль банка.

### Построение математической модели

Основные процессы, происходящие в банке, представлены на рис. 1.

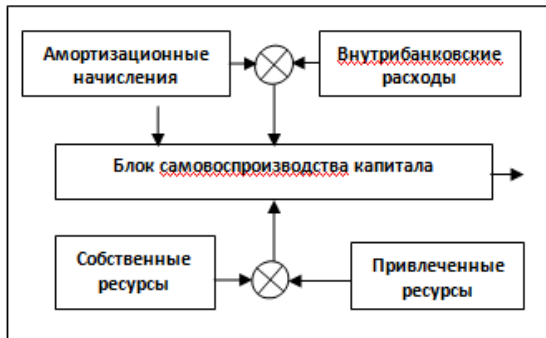


Рис. 1. Блок-схема динамической модели банка

### Модель воспроизводства капитала

Уравнение, описывающее динамику воспроизводства капитала банка, имеет вид [1]

$$K_{pa}(t) = K_{cn}(t) + K_{np}(t) - K_{\phi}(t) + \Delta K_c(t),$$

где  $K_{pa}$  – стоимость рабочих активов;  $K_{cn}$  – собственные средства;  $K_{np}$  – привлеченные средства;  $K_{\phi}(t) = \alpha_{\phi} \times K_{np}(t)$  – отчисления в резервный фонд по ставке  $\alpha_{\phi}$ ;

$\Delta K_c(t) = \beta \times Y_{\text{чн}}(t) + Y_a(t) + Y_{\kappa}(t)$  – капитализируемая прибыль банка;

$Y_{\text{чн}}(t) = (1 - \gamma_n) Y_n(t)$  – чистая прибыль банка;  $\gamma_n$  – ставка налога на прибыль;  $Y_n(t) = \int_0^t y_n(t) dt$  – прибыль банка;

$Y_a(t) = \int_0^t y_a(t) dt$  – амортизационные начисления;

$Y_{\kappa}(t) = \int_0^t y_{\kappa}(t) dt$  – капитальные вложения;

$y_{\text{он}}(t) = K_{pa}(t) \times E_{\text{он}}$  – поток процентных

доходов банка;  $y_{\text{ок}}(t) = K_{pa}(t) \times E_{\text{ок}}$  – поток комиссионных доходов банка;

$y_{\text{о}}(t) = y_{\text{он}}(t) + y_{\text{ок}}(t)$  – суммарный поток процентных и комиссионных доходов банка;

$y_{\text{но}}(t) = \gamma_{\text{о}} y_{\text{о}}(t)$  – поток налога от дохода банка;

$y_{\text{рк}}(t) = K_{pa}(t) \times E_{\text{рк}}$  – поток комиссионных расходов банка;

$y_{\text{нк}}(t) = y_{\text{о}}(t) - y_{\text{но}}(t) - y_{\text{рк}}(t)$  – поток доходов за вычетом налога на доход и комиссионных расходов банка;

$y_{\text{чд}}(t) = y_{\text{нк}}(t) - y_{\text{ц}}(t)$  – поток чистых доходов банка;

$y_{\text{ц}}(t) = K_{np}(t) \times E_{np}$  – поток платежей за привлеченные ресурсы банка;

$y_n(t) = y_{\text{чд}}(t) - y_{\text{пб}}(t)$  – поток прибыли банка;

$y_{\text{пб}}(t) = y_a(t) + y_{\text{ер}}(t)$  – поток расходов банка.

### Модель внутрибанковских расходов

Интегрированная модель внутрибанковских расходов имеет вид [2]

$$y_{\text{ер}}(t) = y_{\text{зн}}(t) + y_{\text{ф}}(t) + y_{\text{мп}}(t),$$

где  $y_{\text{ер}}$  – поток внутрибанковских расходов;

$y_{\text{ф}}(t) = y_{\text{зн}}(t) \times \gamma_{\text{зн}}$  – поток отчислений на заработную плату с коэффициентом  $\gamma_{\text{зн}}$ ;

$y_{\text{зн}}(t) = Z_{\text{ср}} \times N$  – поток заработной платы;  $Z_{\text{ср}}$  – средняя зарплата;  $N$  – количество сотрудников банка.

### Модель амортизационных начислений

Основное уравнение стоимости основных фондов [3]

$$K(t) = K_0(t) + Y_{\kappa}(t) - K_c(t),$$

где  $K$  – текущий объем основных фондов;  $K_0$  – начальный объем основных фондов;  $Y_{\kappa}$  – текущие капиталовложения;

$K_c(t) = K_n(t) - K_u(t)$  – сумма списания основных фондов;  $K_n(t) = A \int K_{\text{оф}}(t) dt$  – стоимость наращенного капитала по ставке амортизации  $r_a$ ;

$A = r_a / (1 - e^{-r_a \tau_{\text{сн}}})$  –

коэффициент реновации;  $\tau_{cl}$  – срок службы основного капитала;

$K_u(t) = r_a \int K_c(t) dt$  – стоимость списания

износа основного капитала нарастающим итогом;

$\frac{dKc(t)}{dt} = y_a(t)$  – поток амортизационных

отчислений.

Приведенная математическая модель с помощью преобразования Лапласа переведена в область изображений и по ней построена структурная модель динамики банка с набором входных и выходных переменных. Модель реализована в пакете программ Simulink и позволяет проводить вычислительные эксперименты, имитирующие работу банка.

### Результаты исследований

В качестве примера на рис. 2 представлено поведение показателей банка при подаче на вход внешних воздействий с замедленной, равномерной и ускоренной амортизацией основных фондов.

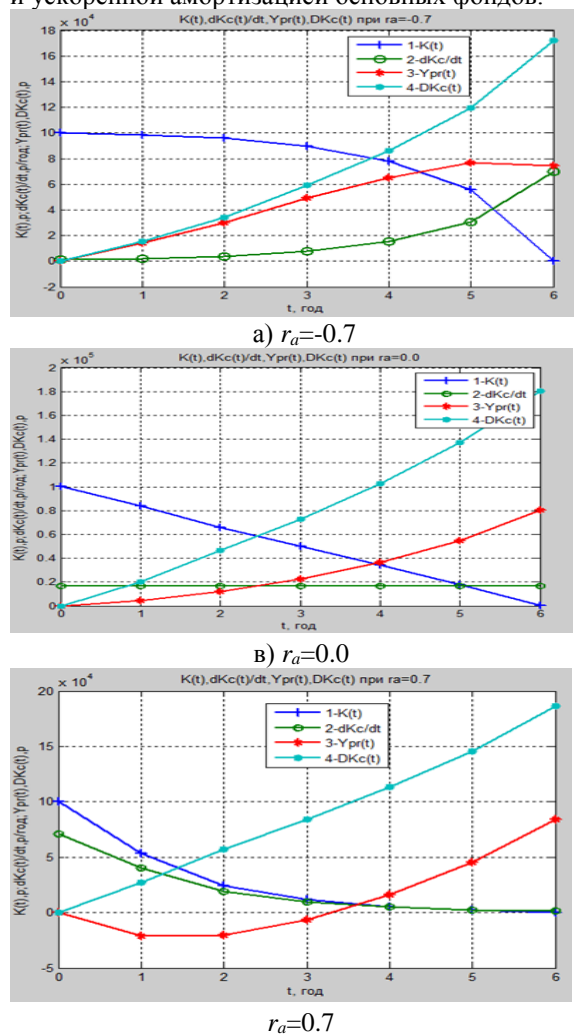


Рис. 2. Результаты моделирования

Сравнительная характеристика полученных результатов показывает существенное различие

поведения прибыли банка при выборе метода амортизационных отчислений.

### Заключение

Разработанная модель банка позволяет оперативно оценивать динамику его поведения при изменении параметров и входных переменных в случае замедленной, равномерной и ускоренной амортизации основных фондов.

### Список использованных источников

1. Царьков В.А. Динамические модели экономики банка//Аудит и финансовый анализ. - 2006. - №1.- С. 93-110.
2. Лукасевич И.Я. Финансовый менеджмент: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЭКСМО, 2010. – 768 с.
3. Царьков В.А. Операторная модель списания капитальных затрат на основе процентной ставки амортизации // Стратегический менеджмент. - 2013. - № 35, С. 35-39.

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ CRC8 НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ ATTINY44

Е. А. Мыцко

Томский политехнический университет  
evgenvt@tpu.ru

### Введение

В системах промышленной автоматизации, автоматизированных системах управления широко применяются микроконтроллерные системы для сбора и первичной обработки данных с датчиков, а также выработки управляющих сигналов на исполнительные устройства. В таких системах нижний уровень системы может включать множество недорогих микроконтроллерных решений с малым объёмом памяти программ и данных, а также низкой производительностью. Помимо решения основных задач необходимо также обеспечивать приём, подготовку и отправку данных в различные модули микроконтроллерной системы, при этом необходимо обеспечивать защиту передаваемой и обрабатываемой информации от ошибок. Одним из способов защиты передаваемой информации от искажений является применение контрольных сумм CRC. В работе рассмотрены программные реализации алгоритмов вычисления контрольной суммы CRC8 на примере системы измерения температуры с микроконтроллером ATtiny44.

### Описание системы измерения температуры

Микроконтроллерная система измерения температуры построена на основе цифрового 1-wire датчика DS18B20 фирмы DALLAS [1] и 8-рядного микроконтроллера ATtiny44 от Atmel. На рисунке 1 представлена структурная схема информационного обмена микроконтроллера с датчиком, включая блоки отправки и приёма данных.

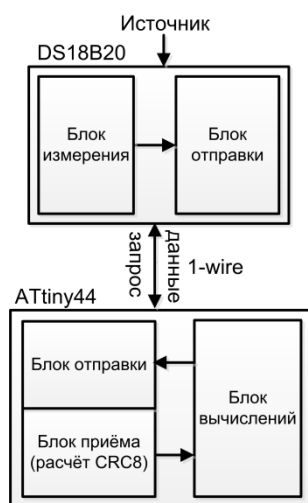


Рис. 1. Система измерения температуры на ATtiny44

Ведущее устройство (микроконтроллер) инициирует запрос на передачу данных с датчика путём отправки на него 64-х разрядного кода

устройства с контрольной суммой CRC8. Датчик в ответ на запрос отправляет пакет данных, содержащий значение температуры, граничные контрольные значения, регистр конфигурации и вычисленную контрольную сумму CRC8.

Существуют различные алгоритмы расчёта контрольной суммы CRC, такие как классический [2], табличный [2] и матричный [3,4]. Реализация классического алгоритма расчета контрольной суммы CRC с побитовым сдвигом требует большое количество тактов процессора и имеет низкое быстродействие. Реализация табличного алгоритма имеет более высокое быстродействие, однако для расчёта 1-го байта контрольной суммы требуется 256 байт памяти для хранения таблицы предвычисленных значений. Реализация матричного алгоритма является некоторым компромиссом между табличной и классической реализации по требованию к объёму памяти и количеству тактов процессора.

### Особенности матричного алгоритма вычисления CRC8

На рисунке 2 представлена общая схема вычисления CRC8 на основе матричного алгоритма.

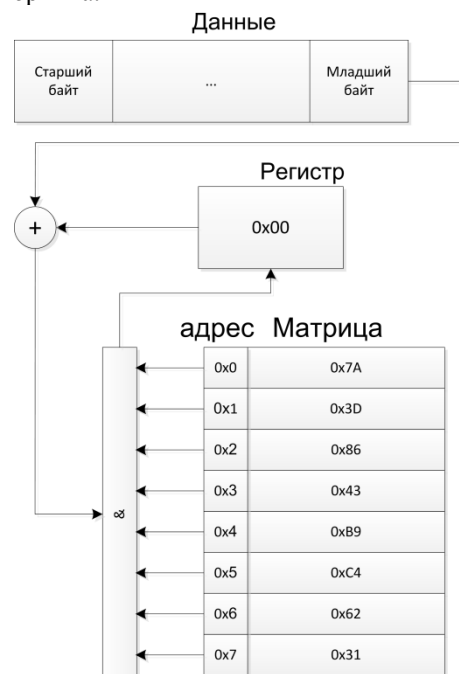


Рис. 2. Вычисление CRC8 матричным алгоритмом

Матрица (рис. 2), в отличие от известного табличного алгоритма [2], требует 8 байт памяти данных и вычисляется путём деления по модулю два [5] полиномов от  $X^8$  до  $X^{15}$  на образующий полином  $X^8 + X^5 + X^4 + 1$ . Сама процедура вычисления

CRC заключается в умножении по модулю 2 байта информации на вычисленную матрицу.

#### **Сравнение различных реализаций вычисления CRC8**

Для выбора рекомендации по применению алгоритмов вычисления CRC8 в микроконтроллерных системах осуществлены программные реализации классического, табличного и матричного алгоритмов вычисления контрольной суммы CRC8 на микроконтроллере ATtiny44 для блока данных размером 56 бит. Результаты программных реализаций представлены в таблице, включающей следующие поля:

- «такты» – количество тактов микроконтроллера, необходимых для завершения работы алгоритма,
- «слова» – объём кода (набора команд) программной реализации в словах (слово равно двум байтам),
- «память» объём памяти в словах, необходимый для хранения предвычисленных значений,
- «РОН» – количество регистров общего назначения, применяемых в реализации алгоритма.

Таблица. Сравнение программных реализаций CRC8

Алгоритм	Такты	Слова	Память	РОН
Классический	5516	35	-	5
Табличный	116	16	128	7
Матричный (EEPROM)	634	23	4	6
Матричный (PROM)	603	24	4	10
Матричный (RAM)	545	22	4	10
Матричный (РОН)	244	50	-	13
Матричный (память прог.)	254	42	-	6

По представленным в таблице результатам можно выбрать наиболее подходящую реализацию алгоритма, исходя из доступных ресурсов и требований к быстродействию. Наиболее быстродействующей является табличная реализация, однако для неё требуется 144 слова и 8 регистров. Классический алгоритм является самым медленным (5516 тактов) и требует для реализации 35 слов. Варианты матричного алгоритма в данном случае являются некоторым компромиссом между быстродействием и количеством слов. В случае если увеличение количества слов до 42–50 для модуля расчёта CRC не критично, то наиболее подходящей может быть реализация матричного алгоритма с матрицей в РОН (244 такта) или в памяти программ (254 такта). При значительном

ограничении ресурсов для модуля расчёта CRC можно применить реализацию с матрицей в RAM (22 слова памяти программ и 4 слова RAM), при этом количество тактов относительно реализации на РОН увеличится с 244 до 545.

#### **Заключение**

Проведено исследование и сравнение реализаций алгоритмов вычисления CRC8 по быстродействию и требуемому объёму памяти (слов), на основе которого сформированы рекомендации по применению алгоритмов в зависимости от условий реализации. Установлено, что в случае наличия свободных ресурсов памяти под модуль расчёта CRC объёмом от 144 слов, целесообразно применять табличную реализацию в виду её быстродействия. Однако в большинстве случаев для систем измерения на основе микроконтроллеров ATtiny44 основные ресурсы задействованы на выполнения задач, согласно назначению системы и ресурсы для реализации дополнительных модулей контроля целостности значительно ограничены. В таких случаях целесообразно применение реализаций с матрицей в RAM или в регистрах общего назначения.

#### **Список использованных источников**

1. DS18B20 – Датчик температуры с интерфейсом 1-Wire [Электронный ресурс]. – URL: <http://mypractic.ru/ds18b20-datchik-temperature-s-interfejsom-1-wire-opisanie-na-russkom-yazyke.html> (дата обращения: 01.10.2017)
2. A painless guide to CRC error detection algorithms [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.zlib.net/crc\\_v3.txt](http://www.zlib.net/crc_v3.txt) (дата обращения: 01.10.2017)
3. Мальчуков А.Н., Осокин А.Н. Быстрое вычисление контрольной суммы CRC: таблица против матрицы // Прикладная информатика. – 2010. – № 2(26). – С. 58–63.
4. Мыцко Е.А., Мальчуков А.Н. Исследование программных реализаций алгоритмов вычисления CRC совместных с PKZIP, WINRAR, ETHERNET // Известия Томского политехнического университета. – 2013 – Т. 322 – № 5. – С. 170-175.
5. Буркатовская Ю.Б., Мальчуков А.Н., Осокин А.Н. Быстродействующие алгоритмы деления полиномов в арифметике по модулю два // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 1. – С. 19-24.

## РЕАЛИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В СОВРЕМЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПАКЕТАХ MULTISIM, LABVIEW И MATLAB

Жылысбай М.

Заревич А.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
madina\_mandarinka@mail.ru

### Введение

Целью данной работы является выполнение сравнения и определения различий и сходств при реализации спектрального анализа в современных математических пакетах MultiSim, MatLab и Labview.

Спектральный анализ – это один из самых мощных инструментов для обработки эксперимента. В частности, он используется для анализа данных, выявления характерных частот, в целях подавления шума и тд.

Спектром совокупности данных  $y(x)$  называют некую функцию иной координаты  $F(\omega)$ , вычисленную в соответствии с определенным алгоритмом. Примерами спектра считаются преобразование Фурье, спектр мощности и вейвлет-преобразование.

### Спектральный анализ в MatLab

Работа с пакетом MatLab выполняется с применением симулятора Simulink.

В программе Simulink есть возможность выполнять анализ спектра с помощью метода дискретного преобразования Фурье. Вместе с этим, можно анализировать спектры строго непериодических сигналов по конечным наборам отсчетов.

### Анализатор спектра Multisim

Multisim – это единственный в мире интерактивный эмулятор схем, который может образовывать лучшие продукты за малый промежуток времени. Multisim включает в себя версию Multisim и это делает его идеальным средством для немедленного тестирования схем [1].

Multisim также поддерживается LabVIEW и SignalExpress производства National Instruments и тесно интегрируется средствами разработки и тестирования.

### Анализ спектра в Labview

LabVIEW – это интегрированная графическая среда разработчика, которая создает интерактивные программы сбора, обработки информации и управления сторонними устройствами [1].

LabVIEW обладает обширными библиотеками функций для выполнения разных заданий: ввод/вывод, обработка, анализ и отображение сигналов; управление технологическими

объектами; статистический анализ и комплексные вычисления и др.

Главными факторами превосходства использования графической оболочки LabVIEW являются:

- относительная несложность и доступность: программы на LabVIEW являются графическим схемой-рисунком (без единой строчки текста);

- наглядность (общедоступная и мощная графика): программная оболочка LabVIEW включает в себя простые универсальные инструменты отображения данных;

- простые и наглядные средства отладки: управление работой программ на LabVIEW выполняется посредством включения одной кнопки; при этом мощный отладчик печатает на схеме все входную и выходную информацию для каждой составляющей схемы;

- актуальность и перспективность: на данный момент большая часть программ, связанных с лабораторными измерениями и экспериментами реализуются на LabVIEW, при этом, зачастую, самими исследователями, а не программистами.

В этой работе в качестве примера рассмотрим анализ Фурье, который выполнен редакторами Multisim, LabVIEW и MatLAB.

### 1. Analysis Fourier в редакторе Multisim

Функция Analysis Fourier устанавливает, какие значения ряда Фурье образуют сигнал, а также, рассчитать уровень его искажения. Результат отображен в форме графика (рис. 1).

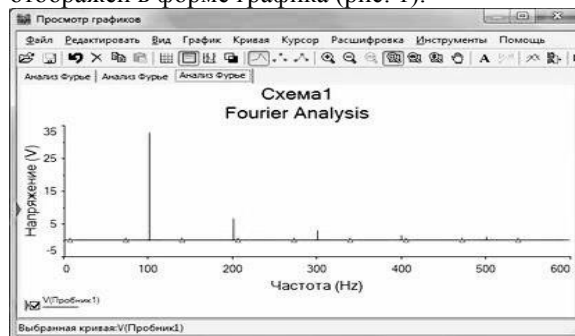


Рис. 1. Амплитудно-частотный спектр

График отображает, что структура сигнала составляют пять частот, некоторые частоты слишком малы, для того, чтобы увидеть их на графике.



## 2. Разработка модели анализа Фурье в среде LabVIEW

LabVIEW – это программный пакет, предназначенный к использованию в секторе компьютеризированных систем сбора, контроля и обработки сигналов, в том числе онлайн, владеющий уникальным математическим аппаратом и большой областью реализации по представлению данных. Главная характерная черта пакета – это комбинация внешнего интуитивно-понятного графического интерфейса с внутренним широким спектром возможности обработки информации.[2]

Создадим модель для визуализации осциллограммы и амплитудно - частотного спектра несинусоидальных цепей переменного тока и отобразим конечный результат выполненной работы на рисунке 2.

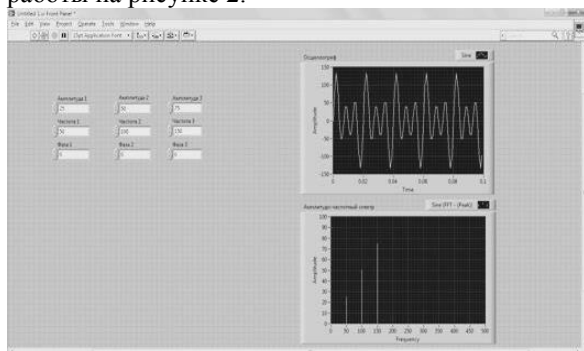


Рис. 2. Лицевой корпус программы

## 3. FFT Analysis - быстрое преобразование Фурье в среде Simulink

Simulink - это графическая среда имитационного моделирования, дающая возможность с применением блок-диаграмм в форме направленных графов выполнить построение динамических моделей, включающая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы. Интерактивная среда Simulink, дает возможность использовать имеющиеся библиотеки блоков с целью имитации электросиловых, механических и гидравлических систем и использовать прогрессивный модельно-ориентированный аспект в процессе построения систем контроля, инструментов цифровой связи и аппаратов реального времени. При наличии вспомогательных инструментов расширения есть возможность выполнять все разновидности заданий от построения идеи модели до аппаратного осуществления. Simulink находится в составе среды MATLAB, что дает возможность применять имеющиеся математические алгоритмы, внушительные инструменты обработки информации и научную графику. [1]

В следующей схеме создан несинусоидальный сигнал, с применением трех синусоидальных ЭДС различной частоты и амплитуды, а также, одним источником постоянного напряжения (рис. 3).

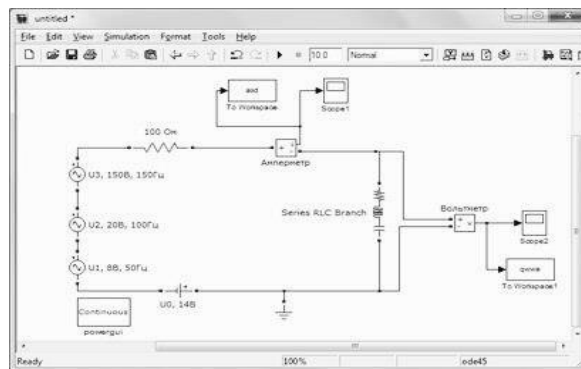


Рис. 3. Схема, выполненная в Simulink

## Заключение

В процессе работы в среде Multisim воспользовались функцией Analysis Fourier. Программа обладает понятным пользовательским интерфейсом, также можно работать с файлами. В наличии есть подробная справка по применению программы.

Разработка в среде LabVIEW обладает несколькими преимуществами: программная среда более наглядна, проста в применении и освоении, можно создать свой пользовательский интерфейс, с множеством управляющих элементов и индикаторов.

Точность алгоритмов обоснована соответствующими результатами, вычисленными в среде математического моделирования MatLab. В прикладном пакете MatLab есть библиотека Simulink, разработанная с целью моделирования динамических систем, модели которых формируются из обособленных составных частей.

Моделирование схем, в том числе, выполнение анализирования Фурье, имеют большое сходство между программным редактором Multisim и прикладным пакетом Simulink. Обе программные среды дают возможность получать более детальные результаты.

## Список использованных источников

1. Загидуллин Р. Ш. LabVIEW в исследованиях и разработках. - М.: Горячая линия - Телеком, - 352 с.: ил.
2. Пейч Л. И., Тойчилан Д. А., Поллак Б. П. LabVIEW для новичков и специалистов - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 384 с.: ил.
3. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. - М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.: ил.
4. Лурье М. С., Лурье О. М. Применение программы MATLAB при изучении курса электротехники. Для студентов всех специальностей и форм обучения. - Красноярск: СибГТУ, 2006. – 2008 с.



## АНАЛИЗ МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ СИСТЕМ И СЕНСОРНОГО СЛИЯНИЯ ДАННЫХ

Петренко Н.А.

Научный руководитель: Багутдинов Р.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
nar26@tpu.ru, bagutdinov@tpu.ru

### Введение

Для решения ряда научных и прикладных задач используются комплексы параметров, которые можно реализовать с помощью мультисенсорных систем (МС). Разные цели требуют разных подходов, следовательно, важно определить, каким образом будет организована МС. В рамках данной работы предложена обобщенная классификация МС, представляющая собой ряд характеристик и позволяющая формализовать новые классы задач. Также возможно ее применение при решении проблемы слияния данных.

### Классификация мультисенсорных систем

Мультисенсорные системы (МС) по их параметрам можно условно разделить на четыре группы, представленные на рисунке 1.

Можно выделить МС по назначению: использование их в различных сферах, таких как промышленность (газовые анализаторы, «электронный язык»), робототехника (системы компьютерного зрения), медицина, обеспечение безопасности и т.д.

Мультисенсорные системы могут быть реализованы набором аппаратных средств (датчиков, сенсоров), отклики которых используются без какой-либо дальнейшей обработки. Также МС может быть представлена программным обеспечением, которое обрабатывает и оперирует различными типами данных. Но наиболее распространены программно-аппаратные комплексы (ПАК), включающие в себя обе реализации.

Если рассматривать МС как ПАК, то по способу их локализации можно выделить два основных вида: централизованные и распределенные [1]. В первом случае, сенсоры локализованы в одном месте и напрямую подключены к месту обработки, что позволяет получать данные в одном временном интервале. Также легко осуществляется мониторинг и управление каждым датчиком, следовательно, возможно обнаружение дефектов и последующая корректировка. Недостатками являются покрытие малых площадей и большая нагрузка на обработку (затраты большого

количества времени и вычислительных мощностей).

Распределенные системы в отличие от централизованных способны покрывать большие площади, а предварительная обработка данных непосредственно на датчиках может облегчить нагрузку центрального процессора (обработочного пункта). Но в данном случае необходимо учитывать потерю данных при передаче, должна быть решена проблема обмена данными между датчиками и центральным процессором, а также нужно организовать корреляцию данных по времени, т.к. возможны непредвиденные задержки.

Существуют и другие архитектуры, которые реализуются непосредственно под прикладные задачи. Например, создаются частичные центры обработки в разных узлах системы, что облегчает последующие операции с полученными данными [2].

Информации, получаемой из одного источника, может быть недостаточно, т.к. данные могут быть неполными, зашумленными, поврежденными. Эту проблему может решить использование мультисенсорной системы, в которую включаются как однородные датчики (регистрирующие данные одного типа), так и разнородные, т.е. позволяющие измерять несколько несинхронизированных параметров.

### Обработка и слияние данных

Работа с МС подразумевает, так называемое, сенсорное слияние – объединение данных, полученных с разных источников, которое позволяет обеспечить меньшую неопределенность информации и сохранение надежности системы (в случае отказа какого-либо сенсора) [3]. Исходные (сырые) данные имеют разную природу и объем, поэтому возникает задача приведения их под «общий знаменатель» для дальнейшего использования. Данные должны быть совместимы, согласованы по времени и объединены в единую структуру [4]. Существующие методы [5] имеют ряд недостатков: некоторые алгоритмы требуют использование исходных данных в их явном детализированном виде, следовательно,

появляется необходимость выделения ресурсов на хранение сверхбольших баз данных. Другие в свою очередь могут работать лишь с определенным видом информации (признаками), что может привести к потере важных данных. Кроме того, использование, например, нейросетей предполагает наличие больших вычислительных возможностей машин, что не всегда доступно и

удобно, особенно при обработке данных в режиме реального времени. Согласно же предложенной классификации, определив назначение МС, способ ее реализации, вид информации, которая приходит на вход, можно провести фильтрацию, исключить ненужные в рамках данной задачи данные и подобрать подходящие алгоритмы обработки и слияния.



Рис. 1. Классификация мультисенсорных систем

### Заключение

По результатам анализа можно сделать вывод, что на данный момент слабо сформулированы гносеологические аспекты описания МС, т.е. нет определенной устоявшейся терминологии. Существует сложность интерпретации данных.

Возникают высокие требования к вычислительным машинам, и появляется проблема хранения больших объемов данных. Представленная в работе классификация позволяет сгруппировать имеющуюся информацию о МС и упрощает подбор методов, с помощью которых будет производиться обработка и слияние данных, в зависимости от типа системы и поставленной задачи.

### Список использованных источников

1. Multi-sensor Data Fusion – System Architectures. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nutag.com/multi-sensor-data-fusion-system-architectures/> (дата обращения 12.09.2017)
2. Пат. 89257 Российская Федерация, МПК G06F 15/00, G05B 13/00. Распределенная информационно-управляющая система на основе интеллектуальных датчиков / В.Н. Котов, Э.В. Мельник, И.П. Щербинин, Я.С. Коровин; заявитель и правообладатель Южный федеральный университет. – №2009134431/22; заявл. 14.09.2009; опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33
3. Буймистряк Г. Технологии слияния сенсорной информации для управления в

критических ситуациях // Control Engineering Россия. – 2014. – №5 (53). – С.47-51.

4. Багутдинов Р.А. Подход комплексирования обработки сенсорной информации в многосенсорных системах при проектировании робототехнических комплексов / Научно-технические технологии и интеллектуальные системы: сборник статей Международной научно - практической конференции, г. Омск, 12 сентября 2017 г. – Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2017. – С.4-6.

5. Чубукова И.А. Лекции по Data Mining. [Электронный ресурс]. – URL: [http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/vt/Disciplines\\_VT/Data\\_storehouses/FilesTab/Tab/lections%20data%20mining.pdf](http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/vt/Disciplines_VT/Data_storehouses/FilesTab/Tab/lections%20data%20mining.pdf) (дата обращения 5.09.2017)

## РАЗРАБОТКА И СРАВНЕНИЕ ВЕБ-СЕРВИСОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ WCF И WEB API 2.0

Е.Е. Батеева

Томский политехнический университет  
katyavas@tpu.ru

### Введение

В настоящее время разработчики программного обеспечения (ПО) руководствуются принципом легкой расширяемости ПО при условии внесения минимальных изменений в уже существующий код. Одним из подходов к достижению этого является использование сервисно-ориентированной архитектуры (SOA) при проектировании ПО. В рамках SOA предполагается обращение от сервисной шины к различным веб-сервисам, количество и содержимое которых может быть легко изменено.

В данной работе будут рассмотрены и сравнены два подхода к разработке веб-сервисов на платформе .NET Framework: на основе фреймворков WCF и Web API 2.0. Разработанные веб-сервисы будут выполнять кластеризацию данных алгоритмами K-means и DBSCAN, а также они будут внедрены в приложение для анализа нефтяных и газовых скважин.

### Разработка WCF-сервиса

Windows Communication Foundation (WCF) – это фреймворк от Microsoft, используемый для построения сервисно-ориентированных распределенных приложений. При помощи WCF можно асинхронно передавать данные от веб-сервиса другим веб-сервисам или клиентским приложениям. Передаваемые данные могут быть простыми как символ или слово, обернутое в формат XML, так и сложными как поток двоичных данных [1].

В рамках поставленных задач, было решено разработать WCF-сервис для кластеризации данных алгоритмом K-means.

Для универсальности данного веб-сервиса и возможности его использования для кластеризации любых данных, был разработан следующий подход к представлению входящих объектов. Каждый объект представляет собой точку в n-мерном пространстве (n – число параметров, характеризующих объект), поэтому для хранения параметров каждого объекта удобно использовать коллекцию Dictionary. Dictionary хранит записи в виде пар «ключ-значение», поэтому «ключами» являются названия параметров, а «значениями» – значения этих параметров.

При создании WCF-сервиса определяется интерфейс, посредством которого к нему будет происходить обращение. В этом интерфейсе прописываются сигнатуры методов, помеченные атрибутом OperationContractAttribute, которые будут видны другим веб-сервисам и клиентам. Если в сигнатуре данных методов используются

составные типы данных, то они должны быть помечены атрибутом DataContractAttribute. Это делает возможным привязку данных на клиенте. Данный интерфейс должен быть реализован в WCF-сервисе.

Для реализации алгоритма K-means в интерфейсе WCF-сервиса был определен один метод, принимающий на вход список объектов, количество кластеров на выходе и максимальное число итераций, и возвращающий список кластеров, характеризующийся центроидом (центр масс кластера) и объектами, отнесенными к этому кластеру. Диаграмма классов WCF-сервиса представлена на рисунке.

Для непосредственного обращения WCF-сервис был развернут на сервере IIS (Internet Information Services).

Для обращения к WCF-сервису из другого веб-сервиса или клиентского приложения, необходимо ссылаться на него по адресу, где WCF-сервис был развернут.

### Разработка веб-сервиса при помощи Web API 2.0

ASP.NET Web API 2.0 – фреймворк, позволяющий создавать веб-службы, предоставляющие API-интерфейс для HTTP-клиентов. Подходит для создания RESTful приложений на платформе .NET Framework.

Приложение, использующее Web API похоже на ASP.NET приложение, но контроллер для Web API наследуется от класса ApiController, а не от Controller. Это выражается в том, что методы действий ассоциируются с HTTP-методами (GET, POST, PUT, DELETE) и возвращают объекты моделей, а не объекты типа ActionResult [2].

В рамках поставленных задач, было решено разработать веб-сервис на основе Web API 2.0 для кластеризации данных алгоритмом DBSCAN.

Для реализации веб-сервиса на основе Web API 2.0 была создана модель входных данных, аналогичная той, что использовалась для WCF-сервиса. Для обеспечения доступа к веб-сервису от других приложений был создан контроллер, в котором доступен один API-метод, соответствующий HTTP-методу POST. На вход этому методу поступают список объектов, минимальное число точек в кластере и максимальное расстояние между точками одного кластера, а на выходе – список промаркированных точек (с отметкой номера кластера, к которому эта точка относится, или с отметкой «шум»).

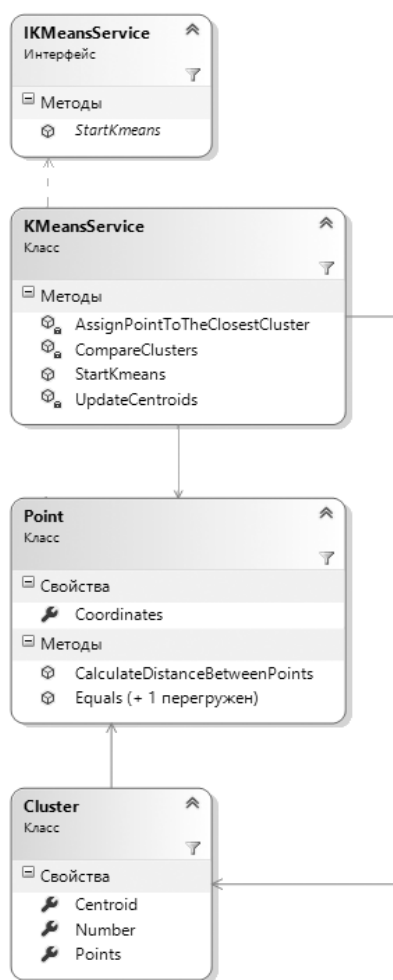


Рис. Диаграмма классов WCF-сервиса

После этого веб-сервис был развернут на IIS, чтобы к нему можно было обращаться из других приложений.

Для доступа к веб-сервису из клиентского приложения, в нем необходимо создать объект класса HttpClient, в нем указать адрес метода веб-сервиса и передать входные параметры в формате JSON или XML. В ответ он получит IHttpActionResult, в котором в случае успеха будет содержаться код 200 (OkResult) и кластеризованные данные, а в случае неудачи – код 400 (BadRequestResult).

#### Сравнение фреймворков для создания веб-сервисов

Фреймворки WCF и Web API используются для обеспечения передачи данных между веб-сервисами и клиентскими приложениями (или другими веб-сервисами), но имеют ряд отличительных особенностей, которые должны влиять на выбор конкретного фреймворка разработчиком ПО:

- Web API поддерживает передачу данных только по протоколу HTTP, в то время как WCF поддерживает протоколы HTTP, TCP, UDP, MSMQ и позволяет описать свой протокол передачи данных.

- WCF поддерживает транзакции – обращение с набором операций как с единым целым (транзакция проходит либо полностью, либо не проходит), а Web API не поддерживает.

- WCF-сервисы описываются на языке WSDL, а Web API позволяет генерировать описание веб-сервисов в виде html-страниц (или метаданных).

- Web API ориентирован на полную поддержку REST, в то время как WCF содержит небольшую функциональность для поддержки служб в стиле REST.

- WCF и Web API поддерживают передачу данных в форматах XML и JSON [3].

#### Заключение

В результате проделанной работы были разработаны веб-сервисы для кластеризации данных на основе WCF и Web API 2.0. Были реализованы такие алгоритмы кластеризации как K-means и DBSCAN. Данные веб-сервисы были включены в приложение для анализа нефтяных и газовых скважин, имеющее сервисно-ориентированную архитектуру, но могут быть использованы и другими приложениями.

Проведенный сравнительный анализ используемых фреймворков позволяет сделать вывод, что WCF применим для решения более широкого круга задач (поддерживает больше протоколов), чем Web API. Но в случае, если веб-сервис должен взаимодействовать только по протоколу HTTP и быть RESTful, удобнее использовать Web API. Для решения задачи кластеризации больших объемов данных лучше использовать WCF-сервис.

#### Список использованных источников

1. What is Windows Communication Foundation. [Электронный ресурс] / Microsoft Docs – хранилище технической документации и справочников от Microsoft. – URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/wcf/whats-wcf> (дата обращения 26.10.2017).

2. Learn About ASP.NET Web API. [Электронный ресурс] / ASP.NET official web-site. – URL: <https://www.asp.net/web-api> (дата обращения 27.10.2017).

3. WCF и ASP.NET Web API. [Электронный ресурс] / MSDN – сеть разработчиков Microsoft. – URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/jj823172\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/jj823172(v=vs.110).aspx) (дата обращения 28.10.2017).



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЭРОФОТОСНИМКОВ

А. Д. Кульневич, В. Л. Радишевский

Научный руководитель: Е. И. Губин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: kulnevich94@mail.ru

### Введение

Данная работа посвящена интеллектуальному анализу графических изображений, прежде всего, аэрофотоснимкам. В качестве исходных данных использовались изображения городских территорий и сельской местности в различных профилях.

Интеллектуальная обработка включала в себя использование таких методов, как методы сегментации, распознавания объектов и выделения нужных границ (image edges).

Целью настоящей работы является обзор методов сегментации, распознавания и выделения границ.

При съёмке местности в зависимости от положения оптической оси камеры можно выделить как вертикальную (плановую), так и наклонную (перспективную) аэрофотосъёмку (рисунок 1).



Рис. 1. Пример наклонной аэрофотосъёмки

Дешифрование аэрофотоснимков – это процесс изучения снимка с целью идентификации определенных объектов и нахождения их свойств.

Автоматизированное тематическое дешифрование снимков – это использование алгоритмов обработки изображений, позволяющих получать интересующую информацию из снимка с минимальным участием человека в этом процессе.

### Алгоритмы интеллектуального анализа изображений

Одним из используемых алгоритмов для выделения границ на аэрофотоснимках является оператор Кэнни. На рисунках 2, 3 представлен пример его работы.



Рис. 2. Оригинальное изображение



Рис. 3. Пример работы оператора Кэнни

Алгоритм сегментации, основанный на графовой модели, позволяет с хорошей точностью семантически отделить (различными цветами) разные объекты на изображениях. Применение сегментации очень полезно в исследованиях, поскольку, в сложных прикладных задачах, как правило, используются изображения с большим числом объектов различных размеров и приблизительно одинаковой точностью, которые необходимо выделять.

Так же, как и в других алгоритмах сегментации, основанных на графах  $G = (V, E)$ , каждому пикселю изображения соответствует вершина графа. Из соседних пар пикселей строится множество рёбер. Временная сложность алгоритма  $O(n \log n)$ , где  $n$  – это количество пикселей. Для обозначения веса рёбер используется разница в яркости между соседними пикселями:

$$W(v_i, v_j) = I(p_i) - I(p_j), \quad (1)$$

где  $p_i$  – обозначение пикселя,  $I(p_i)$  – яркость пикселя,  $v_i$  – вершина графа. Кроме того, для размытия изображения перед вычислением весов используется фильтр Гаусса.

На рисунках 4, 5 представлено оригинальное изображение и результат работы алгоритма сегментации:



Рис. 4. Оригинальное изображение



Рис. 5. Результат применения алгоритма сегментации

На рисунке 6 для сравнения представлен результат работы одного из наиболее популярных алгоритмов – kMeans. Гиперпараметр  $k$ , обозначающий количество сегментов, задан значением 3:



Рис. 6. Результат сегментации k-Means

Как видно из рисунков 5 и 6, используемый алгоритм превосходит kMeans тем, что лучше справляется с выделением однородных областей.

Следующим рассматриваются алгоритмы семейства Morphological Snakes. Данные алгоритмы наилучшим (по времени и эффективности) образом подходят для выделения замкнутых поверхностей, например поверхности земли или воды.

На рисунке 7 представлено оригинальное изображение с водной частью нестандартной (геометрической) формы:



Рис. 7. Оригинальное изображение

Пример использования ACWE алгоритма представлен на рисунках 8 и 9:

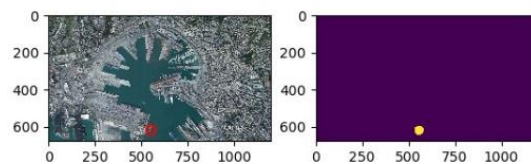


Рис. 8. ACWE алгоритм на первой итерации

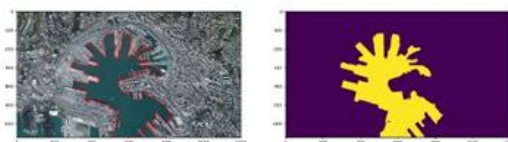


Рис. 9. ACWE алгоритм на 100-й итерации

Как видно из рисунка 9, в контексте данного изображения, алгоритм достаточно точно выделил замкнутую поверхность, представляющую собой водную поверхность.

На рисунке 10 представлен результат работы другого алгоритма из семейства Morphological Snakes – GAC-алгоритма:

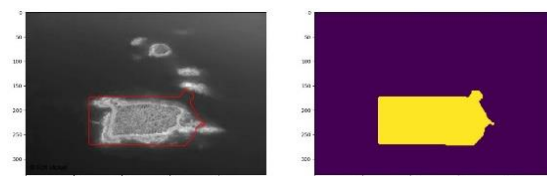


Рис. 10. GAC-алгоритм на 150-й итерации

### Заключение

В данной работе было кратко представлено описание задачи интеллектуального анализа аэрофотоснимков, дано объяснение данному термину, представлены примеры изображений и результаты применения рассматриваемых методов.

В результате исследования алгоритмов интеллектуального анализа аэрофотоснимков были использованы алгоритмы, позволяющие решать одну из задач интеллектуального анализа: сегментация, распознавание объекта, а так же представлены результаты их работы с указанием используемых параметров.

### Список использованных источников

- 1 Felzenszwalb P. F., Huttenlocher D. P. Efficient graph-based image segmentation // International journal of computer vision. – 2004. – Vol. 59. – №. 2. – P. 167-181.
- 2 Álvarez L. et al. Morphological snakes // Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 IEEE Conference on. – IEEE, 2010. – P. 2197-2202.
- 3 Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М.: Техносфера. – 2006. – 616 с.



## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ЛИЦА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

О.И. Минаева

Научный руководитель: В.Г. Спицын, д.т.н., профессор кафедры ИСТ ИШИТР ТПУ  
Томский политехнический университет  
E-mail: olua94@mail.ru

### Введение

Одной из самых сложных задач в информационных технологиях является обработка и распознавание объектов на изображениях.

Современные методы определения ключевых точек на изображениях лиц используются для решения широкого круга задач, а именно: распознавание лиц, отслеживание лиц на изображениях и видео, анализ эмоций человека, обнаружение дефектов лиц в медицинских диагнозах.

Определение ключевых лицевых точек является сложной проблемой, так как лицевые признаки сильно варьируются от человека к человеку, и даже для одного человека существует большое количество вариаций признаков в зависимости от позы, размера изображения, угла наклона головы и условий освещенности.

В данной статье рассматриваются нейронные сети, а также их подвид – сверточные нейронные сети, которые обеспечивают частичную устойчивость к изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям.

### Нейронные сети

В настоящее время существует около десятка разновидностей нейронных сетей (НС). Одним из самых широко используемых вариантов является сеть, построенная на многослойном перцептроне, которая позволяет классифицировать поданное на вход изображение/сигнал в соответствии с предварительным обучением сети.

Обучаются нейронные сети на наборе обучающих примеров. Суть обучения сводится к настройке весов межнейронных связей в процессе решения оптимизационной задачи методом градиентного спуска. В процессе обучения НС происходит автоматическое извлечение ключевых признаков, определение их важности и построение взаимосвязей между ними.

Нейронная сеть принимает тренировочный набор «как есть» и учится производить

правдоподобное решение, не претендуя на абсолютную истину. То есть строится наилучшая нефизическая модель, которая не является максимально точным соответствием реального процесса, но даёт приемлемую его аппроксимацию.

Наилучшие результаты в области распознавания лиц показала сверточная нейронная сеть (СНС). Успех обусловлен возможностью учета двумерной топологии изображения, в отличие от многослойного перцептрона.

В основе сверточной нейронной сети (СНС) лежат идеи, предложенные Ле Куном и Бенджо [1]:

- локальные рецепторные поля (обеспечивают локальную двумерную связность нейронов);
- общие веса (обеспечивают детектирование некоторых черт в любом месте изображения и уменьшают общее число весовых коэффициентов);
- иерархическая организация с пространственными подвыборками (subsampling).

На рисунке 1 можно увидеть схематичную архитектуру СНС.

### Постановка задачи

В решаемой задаче входом модели является изображение, выходом – вычисленные определенным образом координаты ключевых точек лица. Такой набор координат можно представить в виде выходного вектора  $(x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_n, y_n)$ , где  $x_i$  – координата  $i$ -й точки по оси  $X$ ,  $y_i$  – координата  $i$ -й точки по оси  $Y$ . Соответственно, решаемая задача формулируется как задача регрессии.

Для решения задачи необходимо подобрать архитектуру сети, с помощью которой можно получить наилучший результат. Результат будет оцениваться относительно рейтинга в соревновании Kaggle по соответствующей тематике [2].

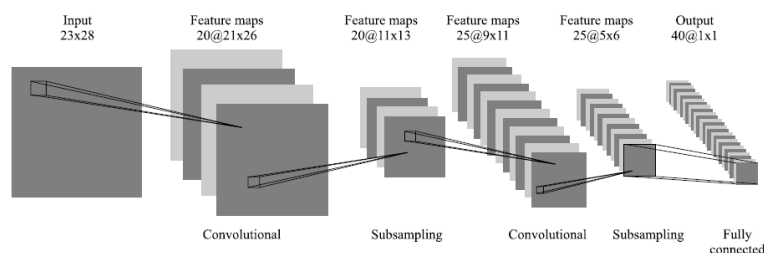


Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети

### Средства разработки

Для создания и настройки нейронных сетей в работе использовалась библиотека Theano с библиотекой-оберткой Lasagne [3, 4]. Выбранные библиотеки предоставляют набор готовых компонентов: слоёв, алгоритмов оптимизации, функций потерь, инициализаций параметров и т.д. Язык программирования – Python.

### База изображений лиц Kaggle

Для обучения и тестирования сетей использовалась база Kaggle, содержащая изображения лиц размером 96x96 пикселей. Каждая предсказанная ключевая точка определяется парой значений (x, y) в пространстве индексов пикселей. Есть 15 ключевых точек, которые представляют некоторые элементы лица, например, центры левого и правого глаза, кончик носа и т.д. [2].

### Реализация

В работе реализованы сети различных структур, как без использования сверточных слоев, так и с ними. Из всех тренировочных изображений базы Kaggle (7049 изображений) были отобраны только те, которые включают в себя полный набор ключевых точек (2140 изображений). Из них на тренировочную выборку идет 80%, на валидационную – 20%.

Валидационная выборка необходима для исключения переобучения сети. Явление переобучения подразумевает собой слишком точное запоминание сетью примеров тренировочного множества, при котором сеть теряет способность к обобщению [5].

### Сеть без сверточных слоев

Сеть имеет следующую структуру.

Таблица 1. Структура сети

№	Название слоя	Количество нейронов в слое
1	Входной	9216
2	Полносвязный	100
3	Выходной	30

Как видно из таблицы 2, после 397-й эпохи средняя квадратичная ошибка на валидационной выборке начинает увеличиваться, поэтому для избежания переобучения сети, обучение прекращается.

Таблица 2. Ошибки сети без сверточных слоев

Эпоха	Среднеквадратичная ошибка	
	Тренировочная выборка	Валидационная выборка
397	0.00225	0.00333
398	0.00225	0.00345

### Сеть со сверточными слоями

В работе были проведены эксперименты с несколькими архитектурами сверточных сетей. Далее приведена архитектура сети, показавшей наилучший результат.

Таблица 3. Структура сети

№	Название слоя	Количество нейронов в слое
1	Входной	1x96x96
2	Сверточный1	32x94x94
3	Подвыборки1	32x47x47
4	Сверточный2	64x46x46
5	Подвыборки2	64x23x23
6	Сверточный3	128x22x22
7	Подвыборки3	128x11x11
8	Полносвязный	500
9	Выходной	30

В данном случае после 400 эпох результат следующий (таблица 4).

Таблица 4. Ошибка сети со сверточными слоями

Эпоха	Среднеквадратичная ошибка	
	Тренировочная выборка	Валидационная выборка
399	0.00201	0.00223
400	0.00201	0.00223

### Заключение

По результатам экспериментов было обнаружено, что применение слоев свертки уменьшает среднеквадратическую ошибку сети при одном и том же количестве эпох обучения.

Полученный результат занимает 44-е место из 175 в рейтинге соревнования Kaggle. Это является неплохим результатом, учитывая то, что в работе не были применены методы наращивания тренировочной выборки (data augmentation), метод dropout, метод предобучения сети и некоторые другие. Перечисленные способы уменьшения ошибки сети планируется применить в дальнейшей работе.

### Список использованных источников

1. Le Cun Y., Bengio Y. Convolutional networks for images, speech and time series // The handbook of brain theory and neural networks. - 1998. - V. 7. - № 1. - P. 255-258.
2. Kaggle Facial Keypoints Detection – [Электронный ресурс]. Режим доступа - <https://www.kaggle.com/c/facial-keypoints-detection>. Дата обращения: 20.11.17.
3. Theano at a Glance – [Электронный ресурс]. Режим доступа - <http://deeplearning.net/software/theano/introduction.html#introduction>. Дата обращения: 20.11.17.
4. Lasagne. API Reference – [Электронный ресурс]. Режим доступа - <https://lasagne.readthedocs.io/en/latest/>. Дата обращения: 20.11.17.
5. Overfitting and Underfitting With Machine Learning Algorithms – [Электронный ресурс]. Режим доступа - <https://machinelearningmastery.com/overfitting-and-underfitting-with-machine-learning-algorithms/>. Дата обращения: 20.11.17.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Раднаев Ч. Б.

Научный руководитель: Гергет О. М.

Консультант: Девярых Д. В.

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет

chingis\_radnaew@mail.ru

### Введение

В настоящее время актуальным является использование нейронных сетей при распознавании образов. При проектировании нейронной сети важным этапом является подбор гиперпараметров, т.е. параметров, которые не изменяются в ходе обучения нейронной сети. Нейронные сети, основанные на методах извлечения признаков, примерно могут иметь от 10 до 50 гиперпараметров, которые устанавливает экспериментатор для достижения требуемого результата. Сложность настройки этих моделей обуславливается тем, что необходимо найти компромисс между качеством распознавания и скоростью обучения. Усовершенствование методов оптимизации гиперпараметров и разработка новых методов является одной из самых острых проблем.

Целью данной работы является подбор оптимальной комбинации гиперпараметров, при которой достигается требуемая точность распознавания изображений.

### Описание метода решения

#### Входные данные

В качестве входных данных выбрана база данных MNIST, содержащая 60 000 изображений 28\*28 рукописных символов в обучающей выборке и 10 000 в тестовой выборке (рис. 1).



Рис. 1. Примеры входных изображений

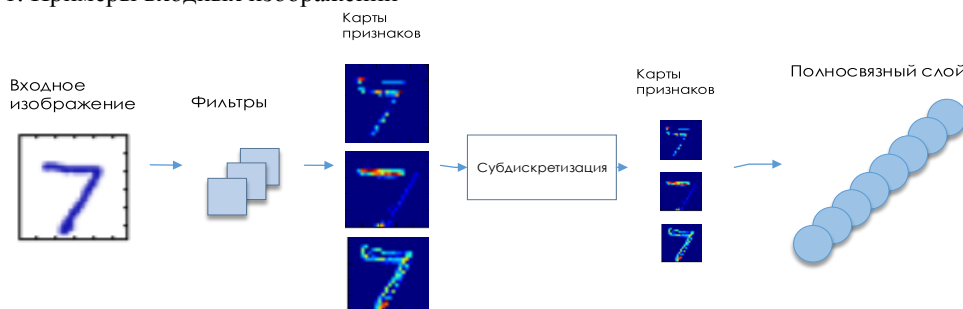


Рис. 2. Схема построения сверточной сети

### Архитектура сверточной нейронной сети

Сверточные нейронные сети были предложены Я. Лекуном как специализированная архитектура для распознавания изображений [1]. Так как входное значение является изображением, то оно представляется в виде двухмерной матрицы, что позволяет сохранить информацию о соседних точках. Сверточные сети характеризуются наличием чередующихся сверточных и субдискретизирующих слоев. Сверточный слой представляет собой набор фильтров (сверток) – матриц нейронов малого размера.

Выходом сверточного слоя являются карты признаков, элементы которых получаются в результате скалярного произведения фильтра с участком входного слоя размером с сам фильтр. Каждый фильтр выдает одну карту признаков. В ходе обучения параметры фильтров настраиваются так, что получаемые двумерные карты признаков характеризуют наличие во входном изображении с определенного признака.

С применением к картам признаков дополнительных сверточных слоев выявляются признаки более высокого порядка. Далее, к картам признаков применяются слои субдискретизации (подвыборки). Слои субдискретизации применяются для пространственного уменьшения входного вектора, что ведет к инвариантности относительно масштаба и вращения. Последний полносвязный слой объединяет все карты признаков и выдает вектор выходов нейронной сети, каждое значение которой характеризует близость входного изображения к тому или иному классу [2]. На рисунке 2 изображена схема сверточной нейронной сети.

### Алгоритм обучения

К многослойным нейронным сетям при обучении применяется алгоритм обратного распространения ошибки. Данный алгоритм является способом вычисления градиента активационной функции для скрытых слоев нейронной сети.

Для коррекции весовых коэффициентов использовался градиентный алгоритм Adadelta переменным параметром скорости [3].

### Оценка адекватности модели

Проверка адекватности модели проводилась с помощью кроссвалидации.

Также для оценки вероятности распознавания использовались свойства функции *softmax* (формула 1) в качестве активационной функции выходного слоя, что позволяет интерпретировать выходные значения сети как вероятности прогноза того или иного класса [4].

$$S_i = \frac{e^{\beta O_i}}{e^{\alpha + \sum_k E^{\beta O_k}}}, \quad (1)$$

где  $O_i$  – активационный потенциал  $i$ -го нейрона, а  $S_i$  – показатель *Softmax* для класса  $i$ .

Член, включающий  $\alpha$ , представляет собой уровень активации искусственной  $N+1$ -й категории, означающий «ни один из вышеперечисленных».

### Проведение вычислительного эксперимента

#### Программная реализация моделей

В данной работе рассматривались следующие архитектуры нейронных сетей: многослойный персептрон и сверточная нейронная сеть. Схема рассматриваемых архитектур приведена в таблице 1.

Таблица 1. Архитектуры рассматриваемых нейронных сетей

№ слоя/ архитектура		1	2	3	4	5	6	7	8
Тип слоя	Сеть с одним сверточным слоем	Vx	CC	CD	ПС	ПС	В		
	Сеть с двумя сверточными слоями	Vx	CC	CD	CC	CD	ПС	ПС	В
	Многослойный персептрон	Vx	ПС	ПС	В				

Сокращения: *Vx* – входной слой, *CC* – сверточный слой, *CD* – субдискретизационный слой, *ПС* – полносвязный слой, *В* – выходной слой.

### Результаты вычислений

Была написана программа на языке *Python* с использованием библиотеки моделирования нейронных сетей *Keras* и *Theano*, с помощью которой проведены обучение и тестирование нейронных сетей для каждой из вариаций значений

гиперпараметров. Для каждой комбинации гиперпараметров проведена кроссвалидация по обучающей выборке. Число эпох обучения для всех случаев равен 5.

Итоговые результаты с наилучшими показателями в своем классе по всем рассмотренным архитектурам были отобраны в результате проведения многочисленных вычислительных экспериментов (см. таблицу 2).

Таблица 2. Итоговые результаты вычислений

Архитектура	Гиперпараметры	Процент распознанных примеров, %	Число весовых коэффициентов
Многослойный персептрон	ПС(800), ПС(200), ПС(10)	8.31	790,210
Сеть с одним сверточным слоем	CC(3*3,64), CD(2*2), ПС(128), ПС(64), ПС(10)	6.15	1,394,122
Сеть с двумя сверточными слоями	CC(3*3,16), CD(2*2), C(3*3,32), CD(2*2), ПС(128), ПС(64), ПС(10)	3.30	83,066

Сокращения: ПС( $n$ ) – полносвязный слой с  $n$  нейронами, CC( $n*m,k$ ) – сверточный слой с  $k$  фильтрами размером  $n*m$ , CD( $n,m$ ) – субдискретизационный слой с ядром  $n*m$ .

### Заключение

- Наилучшая точность распознавания достигается при размере фильтра 3\*3.
- С увеличением количества фильтров растет точность распознавания, но в то же время повышается количество настраиваемых параметров. Наилучшим для сети с одним сверточным слоем является число фильтров 32, а для двух сверточных слоев – 8 и 32.
- При использовании сети с двумя сверточными слоями используется меньшее число настраиваемых параметров, чем при использовании однослойной при достижении точности одного порядка.
- Полносвязная сеть уступает в точности сетям со сверточными слоями, и для достижения

точности одинакового порядка требуется использование большого числа параметров.

### Список используемых источников

1. Lecun Y. Convolutional Neural Networks for Images, Speech, and Time-Series [Статья]/ Lecun Y., Bengio Y. // The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. – Boston : MIT Press, 1995.
2. Lecun Y. Proc. International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'10), IEEE [Конференция]/ Y. Lecun, K. Kavukcuoglu, C. Farabet // Convolutional Networks and Applications in Vision. – 2010.
3. D. Zeiler. Adadelta: an adaptive learning rate method. / D. Zeiler, D. Matthew – CoRR, 2012.
4. Bridle J. S. Probabilistic interpretation of feedforward classification network outputs with relationships to statistical pattern recognition [Журнал]. – [б.м.] : Springer-Verlag, 1989.

## BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN EDUCATION

Solomin A.A.

National Research Tomsk Polytechnic University  
solominart@mail.ru

### Introduction

This report is trying to explain the basic principles of Blockchain technology and to show its possible implementation for the education.

With Blockchain, we can imagine a world in which contracts are embedded in digital code and stored in transparent, shared databases, where they are protected from deletion, tampering, and revision. In this world every agreement, every process, every task, and every payment would have a digital record and signature that could be identified, validated, stored, and shared. Intermediaries like lawyers, brokers, and bankers might no longer be necessary. Individuals, organizations, machines, and algorithms would freely transact and interact with one another with little friction. This is the immense potential of blockchain [1].

### What is Blockchain technology

Blockchain is a database, which is distributed between many computers and has no central control. Sometimes it called “distributed ledger”. The name of technology came from two words: block and chain. So it can be imagined as a kind of a special chain consisting of blocks (Figure 1).

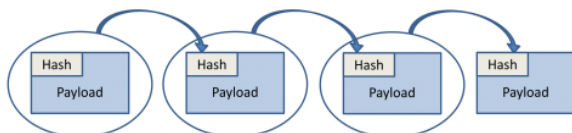


Figure 1 – Scheme of Blockchain

Block is a fixed structure in which the date of blockchain is stored. The important parts of a block are: header and content. Its Header includes metadata, such as a unique block reference number, the time the block was created and a link back to the previous block. Its content usually a validated list of digital assets and instruction statements, such as transactions made, their amounts and the addresses of the parties to those transactions [2].

The basic logic is that the latest block linked together with all previous blocks, so a Blockchain database retains the complete history of all assets and instructions executed since the very first one – making its data verifiable and independently auditable. The data in Blockchain is secured by modern cryptography algorithms and by the consensus algorithm. Both of these tools makes Blockchain sustainable and robust.

Moreover, the consensus algorithm suggests the confirmation of each transaction by the most part of the network. Using of Blockchain allows us to get rid

of any mediators and interact directly to each other (even without trust). This could save a huge amount of administration, bureaucracy, effort and time.

In fact Blockchain can be implemented by anyone who wanted to store educational data securely. Nowadays education has a tendency to become 4D: democratic, distributed, diversified, decentralized. But despite these principles, we still need such things as, for example: trust in certification or proof of learning. Blockchain can provide a massive open, online, secure system.

### How can it be used in education

At the moment lots of the applications cannot be even imagined yet. But it is obvious that in the nearest future Blockchain technology will accelerate the end of a paper-based system for certificates. Any kinds of certificates issued by educational organisations, in particular qualifications and records of achievement, can be permanently and reliably secured using blockchain technology. More advanced blockchain implementations could also be used to automate the award, recognition and transfer of credits, or even to store and verify a complete record of formal and non-formal achievements throughout lifelong learning [3].

As an example, Holburton School in San Fransisco, a software school that offers project-based education as an alternative to college courses, has already used Blockchain to store and deliver its issued certificates [4]. Very soon it will be possible to share repositories of certification and achievements between global groups of universities and even between educational institutions and employers.

If educational institutions will be the owner of the diploma or training certificate in the Blockchain, then potential employers will have no difficulties to make sure that you really were trained in this University. Such data, which will be in the public domain, and also will benefit investors which search perspective diploma works.

Confirmation of the validity of attestations and certificates of the candidate for membership can be very expensive and time-consuming for the educational institution or enterprise. In common existing system of certification is not useful for mobile students and workers. Every time they need to spend money and time just for confirmation of their documents. It is possible to make even worldwide system, which will provide a confirmation of all your documents independently of place where are you and the office hours of some bureaucratic organization.

Also Blockchain technology removes the need for educational organisations to validate credentials. Since certificates issued on the blockchain can be



automatically verified, educational organisations will no longer need to commit resources to this task, significantly reducing their administrative load, and practically eliminating the ‘after-sales support’ they need to provide to learners following the end of courses. However, since many organisations also offer this service at a profit, it may also mean that institutions will need to adapt their business models accordingly.

One more important usage is for intellectual property. Blockchain technology has the potential to revolutionise the management of intellectual property. Depending on the policy choices made, it could be used to increase openness or to close intellectual property.

By publishing hashes of documents onto a blockchain, a person can provide proof of first publication without actually needing to share the document or invention being published. This turns conventional notions of copyright and patent law on their heads, allowing the possibility for a far more restrictive system whereby knowledge could be protected without being shared.

Blockchain technology also allows for detailed and incremental tracking of who has used intellectual property, where and how, and for these to be associated with credit – either in the form of payment or in the form of academic credit. Such systems for intellectual property could, for example, serve as the basis of future journals, or even as the basis for tracking the production and re-use of open educational resources. As such, they would be able to significantly incentivise the opening up of education and educational resources.

It is always a big issue to continue professional development (CPD). Obviously it is difficult to deliver, often fragmented, and poorly tracked. Blockchain system can take issued data from conference attendance, courses, and other forms of learning. Teachers and other professionals could get inputs from trusted providers and thus be incentivised to do more CPD, if those experiences and learning opportunities were securely stored in a reputable system.

In modern time people get myriads learning experiences from various sources. Imagine a system, which stores and confirms all micro-learning experiences of the person. The realization could be like “experience” in computer games.

The most spread usage of Blockchain is in the sphere of finance. Here Blockchain is also trying to make a revolution by removing intermediary. Usually financial transactions use expensive third parties who charge fees. Blockchain allows free transactions between parties. So, a student can make payments for the use of educational resources, courses, etc through Blockchain.

All in all, it frees up the system, makes it more open, flexible and adoptable.

## Conclusion

Currently, the only implementations of blockchain technology for education are in pilot stages. As

demonstrated by this report, there are several way of using Blockchain in education.

Blockchain is a technology that clearly has applications in the world of learning at the individual, institutional, group, national and international levels. It is relevant in all sorts of contexts: schools, colleges, universities, MOOCs, CPD, corporates, apprenticeships, and knowledge bases.

Rather than the old hierarchical structures, the technology becomes the focus, with trust migrating towards the technology, not the institutions. It is really is a disintermediation technology.

## References

1. Iansiti, Marco; Lakhani, Karim R. "The Truth About Blockchain". Harvard Business Review. Harvard University, January 2017 [Electronic resource] Available at: <https://hbr.org/> (date of access: 22.10.2017)
2. Deloitte report: "What is blockchain?" [Electronic resource] Available at: <https://www2.deloitte.com/ru/ru.html> (date of access: 22.10.2017)
3. Schmidt, J.P. (2017). Credentials, Reputation, and the Blockchain. [Electronic resource] Available at: <http://er.educause.edu/articles/2017/4/credentials-reputation-and-the-Blockchain> (date of access: 22.10.2017)
4. Vian, K. (2016). Own Your Achievements: Three Ways Blockchain Tech is Disrupting Education. [Electronic resource] Available at: <https://Blockchainfutureslab.wordpress.com/2016/03/16/own-your-achievements-three-ways-blockchain-tech-is-disrupting-education> (date of access: 22.10.2017)
5. Nakamoto, S. (2013). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. [Electronic resource] Available at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (date of access: 22.10.2017)
6. Grech, A. and Camilleri, A. F. (2017) Blockchain in Education. Inamorato dos Santos, A. (ed.) EUR 28778 EN; doi:10.2760/60649 – 136 p.



## ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЗЁР НА КАРТОГРАФИЧЕСКИХ СНИМКАХ

Оксикбаев Е.Е.

Научный руководитель: Ю.А. Болотова  
Томский политехнический университет  
oxikbaev@tpu.ru

### Введение

Выделение и распознавание объектов на картографических снимках – одно из важных направлений в компьютерном зрении. Решение этой задачи может существенно улучшить возможности искусственных систем воспринимать окружающее пространство, разделять его на отдельные логические части и осуществлять интерактивное взаимодействие с объектами окружающего мира.

Целью данной работы является исследование, реализация и сопоставление методов контурного анализа, при решении задачи оценки статистических параметров озёр на картографических снимках.

Разработка алгоритма будет происходить на языке C++ с использованием библиотеки OpenCV. OpenCV – библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом, которая позволяет облегчить и ускорить процесс разработки.

### Методы реализации

Исходными данными являются снимки со спутника, содержащие изображения озёр. Основными задачами является детектирование озёр, оценка их статистических параметров (местоположение, площадь), сопоставление снимков разных лет с целью оценки динамики изменения водного покрова.

В данной работе исследуются 3 алгоритма детектирования озёр, приводятся результаты из сопоставления.

Первый алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Перевод изображения в оттенки серого.
2. Гауссово сглаживание (размытие).
3. Вычисление битовой развязки по каждому элементу из массива.
4. Применение морфологического преобразования дилатации.
5. Применение морфологического преобразования сужения.
6. Бинаризация изображения.
7. Применение функции нормализации.
8. Нахождение статистических параметров.

Второй алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Применение оператора Лапласа.
2. Размытие посредством применения медианного фильтра.
3. Суммирование полученных результатов.
4. Бинаризация изображения.

5. Нахождение статистических параметров.

Третий алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Обработка градиента яркости изображения оператором Соболя.
  2. Размытие изображения посредством вычисления свертки.
  3. Суммирование полученных результатов.
  4. Гауссово сглаживание (размытие).
  5. Применение морфологического преобразования дилатации.
  6. Применение морфологического преобразования сужения.
  7. Суммирование полученных результатов.
  8. Бинаризация изображения.
  9. Нахождение статистических параметров.
- Бинаризация изображения преобразует изображение к монохромному изображению согласно формулам:

$$dst(x, y) = \begin{cases} \max_{value} If src(x, y) > T(x, y) \\ 0 & otherwise \end{cases},$$

где  $T(x, y)$  – порог, рассчитываемый индивидуально для каждого пикселя.

Гауссово сглаживание (размытие) – этот фильтр применяется для устранения шумов на изображении. Ядро данного фильтра можно выразить формулой.

$$F(i, j) = \frac{1}{2\sigma^2\pi} \exp\left(-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}\right),$$

где  $i, j$  – координаты пикселя изображения;  $f$  – сигнал, а  $\sigma$  – шум, находящийся на исходном изображении.

Оператор Соболя применяется для вычисления градиента яркости изображения в каждой точке.  $G_x$  и  $G_y$  — две матрицы, где каждая точка содержит приближенные производные по  $x$  и по  $y$ . Они вычисляются путем умножения матрицы  $G_x$  и  $G_y$  и суммированием обеих матриц, в результате полученный результат записывается в текущие координаты  $x$  и  $y$  в нового изображения:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}.$$

**Демонстрация полученных результатов при проведении экспериментов.**



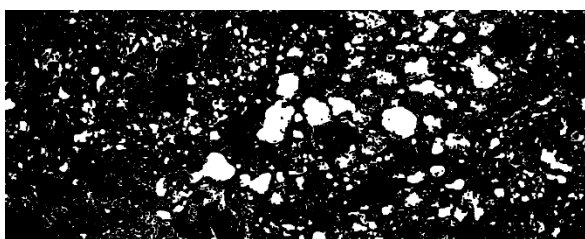
*a*



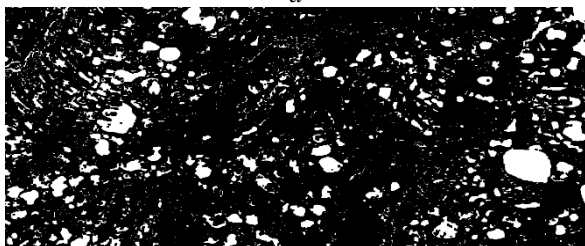
*b*

Рис.1 (a,b). Картографический снимок озёр.

На рисунке 2 (a,b) приведены результаты эксперимента первого алгоритма.



*a*

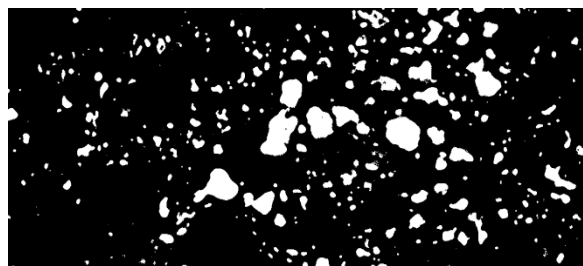


*b*

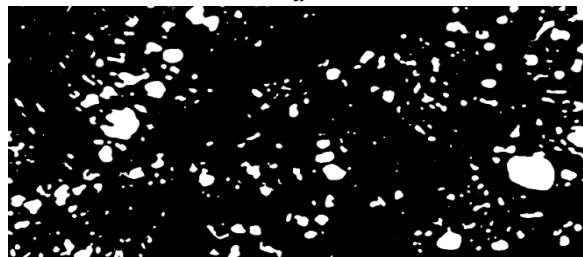
Рис.2 (a,b). Результаты применения первого алгоритма.

На рисунке 3 (a,b) приведены результаты эксперимента второго алгоритма.

Из приведенных результатов эксперимента 3 алгоритмов, более точное и большее количество озёр дал второй алгоритм. Результаты, полученные первым алгоритмом содержат избыточность, т.к. обнаруженными оказываются области, которые не являются озёрами. Третий алгоритм выделил меньшее количество озёр



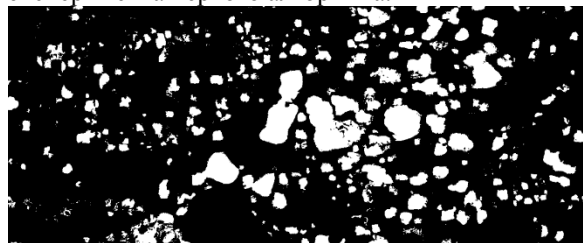
*a*



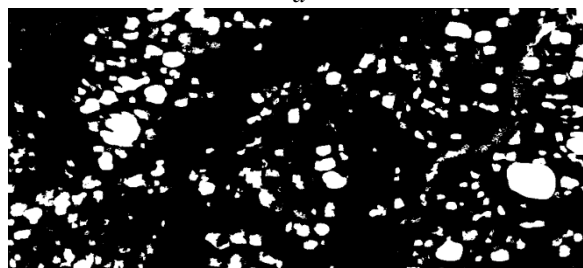
*b*

Рис.3 (a,b). Результаты применения второго алгоритма.

На рисунке 4 (a,b) приведены результаты эксперимента первого алгоритма.



*a*



*b*

Рис.4(a,b). Результаты применения третьего алгоритма.

**Заключение**

Проведён обзор известных методов и алгоритмов анализа и обработки изображений библиотеки OpenCV.

В дальнейшем в рамках ВКР планируется применить свёрточную нейронную сеть, сравнить полученные результаты с результатами, полученными с помощью программного обеспечения ArcGIS и выявить оптимальный вариант оценки статистических параметров озёр на картографических снимках.

**Список использованных источников**

1. Обработка изображений с помощью OpenCV [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/90116/#1>;
2. OpenCV. [Электронный ресурс] URL: <https://opencv.org/>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК КАДРОВ ВИДЕОПОТОКА

Е.И. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
YelenaMaksimova@yandex.ru

### Введение

Задача трекинга объектов на видео является неотъемлемой частью многих прикладных областей, таких как построение систем видеонаблюдения, отслеживания дорожного трафика и создание интерфейсов человек-компьютер.

Основная трудность трекинга состоит в сопоставлении положений целевого объекта на последовательности кадров. При этом необходимо обрабатывать большое количество потоковых данных, что является затратным с вычислительной точки зрения, а значит и с точки зрения затрачиваемого на обработку времени.

За последние годы было предложено множество различных подходов по решению данной задачи. Тем не менее, многие из них накладывают определенные ограничения на обрабатываемые данные [1].

Поэтому в сложившейся ситуации высокую степень актуальности имеет задача исследования поведения объекта на основе анализа характеристик кадров видеопотока.

### Постановка задачи

Содержательная постановка задачи может быть сформулирована следующим образом. Некоторый объект перемещается в плоскости в произвольном направлении. Объект задан в виде множества точек с координатами  $(x, y)$ , где  $x$  и  $y$  – декартовы координаты точки на плоскости. Известно, что координаты точек измерены с некоторой погрешностью  $\varepsilon$ . Таким образом, точные значения координат точек лежат в диапазоне:

$$(x - \varepsilon \leq x_a \leq x + \varepsilon, \quad y - \varepsilon \leq y_a \leq y + \varepsilon),$$

где  $x_a$  и  $y_a$  – точные значения координат точки на плоскости,  $x$  и  $y$  – координаты точек на плоскости, измеренные датчиком с погрешностью  $\varepsilon$ .

Необходимо определить, как переместился объект в пределах двух кадров видеопотока.

В качестве исходных данных имеются координаты точек объекта на первом кадре и на втором (после перемещения). Под перемещением понимается поворот объекта на некоторый угол и перемещение в плоскости.

Математическая постановка задачи: имеется два множества точек  $P_1$  и  $P'_1$ :

$$P_1 = \{p_1(x_1 \pm \varepsilon_1, y_1 \pm \varepsilon_2), \dots, p_n(x_n \pm \varepsilon_{2n-1}, y_n \pm \varepsilon_{2n})\}$$
$$P'_1 = \{p'_1(x'_1 \pm \varepsilon'_1, y'_1 \pm \varepsilon'_2), \dots, p'_n(x'_n \pm \varepsilon'_{2n-1}, y'_n \pm \varepsilon'_{2n})\},$$

где  $x$  и  $y$  – координаты точек на плоскости, измеренные датчиком с погрешностью  $\varepsilon$ ,  $n$  – количество точек, определяющих исследуемый объект,  $P_1$  – множество точек, задающих начальное положение объекта,  $P'_1$  – множество точек, задающих конечное положение объекта.

Необходимо найти угол  $\alpha$  и вектор перемещения  $V$ , при условии, что

$$f(P'_1, P_1) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $P_1$  – множество точек, задающих начальное положение объекта,  $P'_1$  – множество точек, задающих конечное положение объекта,  $f(P'_1, P_1)$  – функция, значение которой необходимо минимизировать.

Стоит отметить, что содержательная постановка задачи сводится к поиску параметров  $\alpha$  и  $V$  при минимизации некоторой функции  $f(P'_1, P_1)$ . Стоит отметить, что при постановке задачи вид функции  $f(P'_1, P_1)$  неизвестен. Поэтому решаемая задача оптимизации относится к задаче реверс-инжиниринга, а вид функции  $f(P'_1, P_1)$  необходимо определить в процессе разработки алгоритма.

### Предложенный метод решения

Генетические алгоритмы (ГА) широко используются для решения задач численной оптимизации, моделирования, компоновки, аппроксимации функций, фильтрации данных [2, 3] и т.д. В ходе определения математической постановки задачи было выяснено, что задача исследования поведения объекта на основе анализа характеристик кадров видеопотока может быть сведена к задаче оптимизации. В этой связи генетический алгоритм может быть использован для решения задачи по исследованию поведения объекта на основе анализа характеристик кадров видеопотока.

Решение задачи исследования поведения объекта на основе анализа характеристик кадров видеопотока при помощи генетического алгоритма можно выполнить следующим образом.

1. Сгенерируем входные данные.

2. Определим параметры генетического алгоритма: число эпох – 200, размер популяции – 64, количество генов особи – 3. Зададим начальное значение генам особей. Число эпох и размер популяции выбраны из соображений высокого быстродействия алгоритма. Число генов особи обуславливается искомыми параметрами: первый ген необходим для задания угла поворота, второй ген – для задания сдвига по оси  $X$ , третий ген – для задания сдвига по оси  $Y$ .

3. Для заданного количества эпох произведем: скрещивание, мутацию, селекцию [3]. Для выполнения скрещивания двух особей популяции выбран арифметический оператор кроссинговера [3]. Оператор мутации используется для внесения случайных изменений в хромосомы особей. Это позволяет «выбираться» из локальных экстремумов и тем самым эффективнее исследовать пространство поиска. Селекция (отбор) необходима, чтобы выбрать более приспособленных особей для скрещивания.

4. Решение, полученное после последней эпохи генетического алгоритма – искомое.

Для задания функции приспособленности оценивается выражение равное сумме квадратов расстояний от каждой начальной точки (до поворота) до ближайшей конечной точки (после поворота). Функция приспособленности может быть записана следующим образом:

$$f(P_1', P_1) = \sum_{i=1}^n (x - x_{\text{cur}})^2 + (y - y_{\text{cur}})^2 \rightarrow \min, (2)$$

где  $x$  и  $y$  – координаты точек на плоскости, измеренные датчиком с погрешностью  $\varepsilon$ ,  $n$  – количество точек, определяющих исследуемый объект,  $x_{\text{cur}}$  и  $y_{\text{cur}}$  – координаты точек на плоскости ближайших к точкам  $x$  и  $y$ .

Таким образом, чем меньше значение функции приспособленности, тем приспособленнее является особь, то есть тем точнее решение исходной задачи, кодируемое при помощи генов этой особи.

### Программная реализация

Для оценки качества предложенного алгоритма было реализовано консольное приложение на языке программирования C++.

Таблица 1. Описание характеристик реализованного приложения

Характеристика	Описание
Входные параметры	Декартовы координаты точек объекта на первом кадре и на втором (после перемещения), заданные с погрешностью $\varepsilon$
Выходные параметры	Значение функции приспособленности, найденное значение угла поворота $\alpha$ , перемещение по осям $X$ и $Y$
ОС	Windows 8+, Linux

### Результаты работы разработанных программных средств

Для анализа полученных результатов работы алгоритма были построены графики зависимости изменения минимизируемой функции (суммарная ошибка) от различных параметров генетического алгоритма, а также графики зависимости времени работы алгоритма от параметров генетического алгоритма.

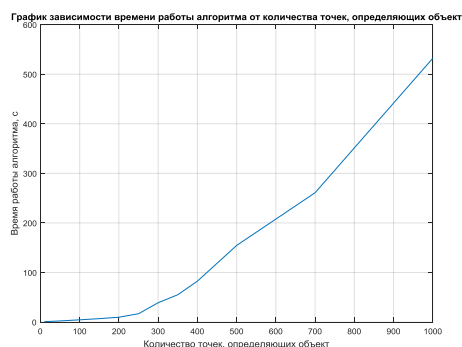


Рис. 1. График зависимости времени работы алгоритма от количества точек, определяющих объект

По графику, приведенному на рисунке 1, можно сделать вывод о нелинейности зависимости времени работы алгоритма от количества точек, определяющих положение объекта. Это так же подтверждается асимптотической сложностью алгоритма, которая оценивается как

$$O(E * P * N^2),$$

где  $E$  – количество эпох генетического алгоритма,  $P$  – размер популяции,  $N$  – количество точек, определяющих объект.

### Заключение

Особенности применения генетического алгоритма позволили определить вид искомой функции для минимизации.

Главным достоинством алгоритма является простота реализации. Так же в сравнении с другими точечными методами неоспоримым преимуществом является отсутствие необходимости в задании начального приближения, что зачастую является трудоемким процессом.

Полученная полиномиальная асимптотическая сложность алгоритма свидетельствует о его эффективности, поэтому предложенный метод может быть использован на практике для решения задач точечного трекинга. Стоит отметить, что некоторые рассмотренные методы трекинга показывают более точные результаты, однако они требуют большего количества вычислительных ресурсов.

### Список использованных источников

1. Yilmaz A. Object tracking: a survey // ACM Computing Surveys (CSUR). – 2006. – №4. – р. 13-15.
2. Форсайт Д.А. Компьютерное зрение. Современный подход / Ж. Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
3. Спицын В.Г. Применение генетического алгоритма для решения задач оптимизации: Методические указания к лабораторным работам / Цой Ю.Р. – Томск: Издательство ТПУ, 2007 – 27 с.



## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ОТВЕТОВ В БЛАНКАХ ЕГЭ С ПОМОЩЬЮ СВЁРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Е.И. Имигеев

Научный руководитель: Ю.А. Болотова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
eii2@tpu.ru

### Введение

Появление за последнее десятилетие достаточных мощностей для приемлемой скорости обучения [1] искусственных нейронных сетей (ИНС, далее - НС) позволило использовать цифровые технологии для решения тех задач, которые ранее могли выполняться только человеком, например, распознавание образов или речи, прогнозирование и т.п. В данной статье рассматриваются свёрточные НС (СНС), которые нацелены на эффективное распознавание изображений [2].

Существующие оптические способы распознавания текста (OCR-системы) в настоящее время достаточно эффективны, но не абсолютно – и точность достигает 99.998% [3], что все равно не исключает проверку результата человеком. Однако OCR-системы работают только с печатным не рукописным текстом. Для этого используются методы распознавания как при помощи метрик и шаблонов, так и с помощью НС [4]. Проблемы распознавания рукописного «печатного» и стандартного рукописного текста в настоящее время являются предметом активных исследований уже не один десяток лет [5].

Ответы в бланках ЕГЭ пишутся от руки «печатными» буквами, поэтому для определения ответов, как лучшим в настоящее время инструментом для распознавания объектов на изображениях, следует использовать СНС. Для этого необходимо реализовать алгоритм, которое будет обрабатывать отсканированные изображения бланков, распознавать на них рукописный текст с его последующей записью в необходимый текстовый формат для эффективной проверки работ.

### Выбор платформы для реализации

Для реализации модели используется языки программирования C# и Python.

Фреймворков для создания программной НС существует предостаточно. Однако, особый интерес вызвал специализированный под быстрое обучение нейросетевой инструментариий CNTK, созданный компанией Microsoft [6].

Microsoft Cognitive Toolkit (CNTK) – бесплатный общедоступный набор инструментов с открытым исходным кодом для глубинного обучения. По популярности в веб-хостинг-сервисе GitHub специализированный пакет для глубинного обучения CNTK занимает третье место [7] после TensorFlow и Caffe, обогнав такие платформы, как MxNet, Theano, Torch и т.д.

В статье [7] описано сравнение двух фреймворков CNTK и TensorFlow, первый из которых преимущественен по большинству характеристик, таких как гибкость, скорость, масштабируемость и др.

### Модель СНС

Используется архитектура, подобная СНС LeNet-5, с изменённым количеством выходов для распознавания букв русского алфавита (см.рис.1).

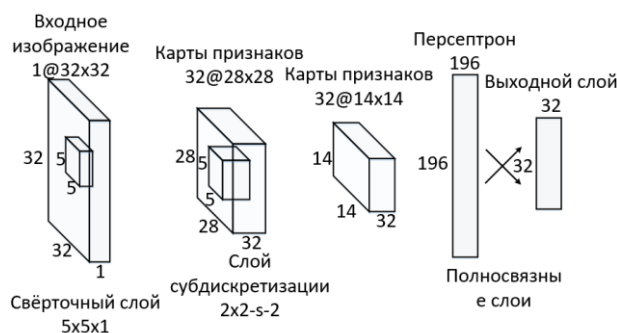


Рис.1. Структура исследуемой СНС

По результатам первых тестов распознавания цифр из базы данных MNIST с помощью данной СНС ошибка составила 2.25%, что является неплохим началом для распознавания объектов.

### Сегментация бланка ответов

Бланки ответов ЕГЭ имеют строгую единую форму, на которой есть фотометки, по которой отсканированные изображения бланков необходимо выровнять, благодаря чему будет легче произвести сегментацию документа.

Выровненный бланк сегментируется по заданному шаблону, определяя на изображении места, где расположены номера вопросов и ответы на них. Ответы в бланках ЕГЭ записываются посимвольно в «клеточки», что также упрощает выделение символов с помощью шаблона. В конце сегментации получается массив изображений с символами, который отправляется в сеть для распознавания.

Проще говоря, этот процесс можно назвать парсингом (англ. *parsing* – синтаксический анализ) текста на фотографии (скане).

### Распознавание ответов

Существует проблема распознавания цифр и букв одной НС – цифры распознаются хуже, чем буквы [8]. Это связано с тем, что букв больше, чем цифр, поэтому буквы имеют гораздо большее разнообразие написания (из-за почерка). Как следствие, обучающая выборка для распознавания

цифр имеет гораздо меньшее количество обучающих примеров, чем прецеденты для букв. Поэтому НС будет определять цифры, похожие на буквы, как буквы.

Для решения этой проблемы было решено создать две НС: одну для распознавания букв, вторую – для цифр. Однако появляется необходимость в использовании еще одного классификатора для определения типа ответа – является ли он числовым или буквенным.

После определения класса вопроса символ отправляется в свою НС для распознавания. На рис.2 показан процесс распознавания ответов на бланках ЕГЭ

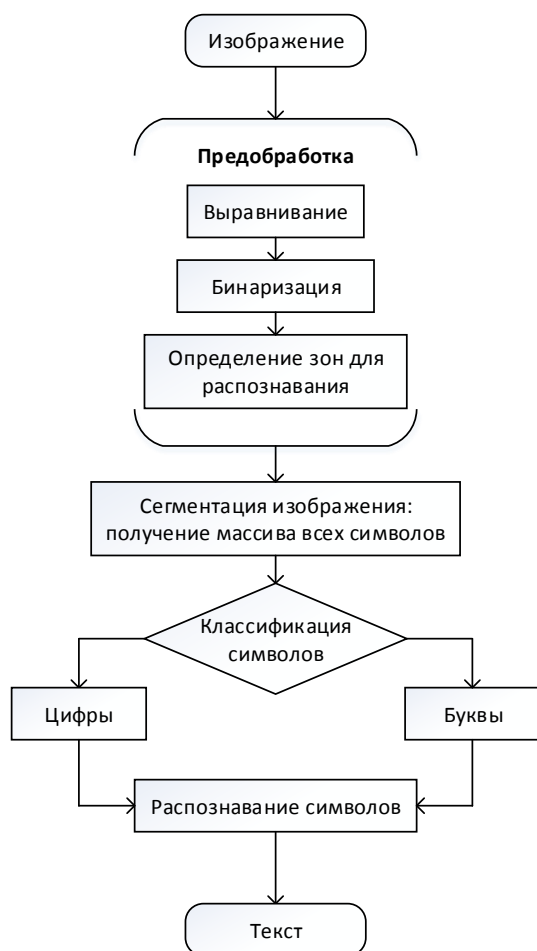


Рис.2. Схема процесса распознавания символов по изображению.

### Синтаксический анализ

Из-за почерка человека чтение его рукописей может вызывать сложности даже у людей. СНС определенно будет допускать ошибки в ситуациях с непонятным почерком. Например, ученик написал в бланке ответов букву «И», однако СНС распознала ее как «Н». Корректно определить букву возможно только с контекстом (см.рис.3).



Рис.3. Пример сложного для распознавания символа

Решением этой проблемы может выступить синтаксический анализ, который позволяет проверять грамматику слов или фраз целиком. Ответы, которые содержат неясности и вызывают подозрение на наличие ошибок, отправляются оператору для уточнения.

### Заключение

Большое количество машиночитаемых бланков нуждаются в обработке, а существующие системы не позволяют достаточно точно распознавать изображения, и полученные данные требуются в ручной проверке, что создает большую нагрузку на проверяющих.

В задачах распознавания применение нейронных сетей оправдано и в значительной степени экономит средства и ресурсы.

В дальнейшем планируется увеличить точность НС, ее скорость работы, а также добавить модуль грамматической проверки.

### Список использованных источников

1. Бум нейросетей [Электронный ресурс] / Стартапы и бизнес. – URL: <https://vc.ru/16843-neural-networks> (доступ: 23.11.17)
  2. S. Haykin. Neural networks. McMaster University, Ninth Indian Reprint, 2005
  3. Report on the Meeting of Experts on Digital Preservation / U.S. Government Printing Office Washington, D.C., March 12, 2004
  4. Методы распознавания текста [Электронный ресурс] // Хабрахабр. – URL: <https://habrahabr.ru/post/220077/> (доступ: 23.11.17)
  5. Изменения в распознавании рукописного текста [Электронный ресурс] // Команда разработки Microsoft. – URL: <https://blogs.msdn.microsoft.com/e7ru/2009/02/18/303/>
  6. CNTK – нейросетевой инструмент от Microsoft Research [Электронный ресурс] // Хабрахабр. – URL: <https://habrahabr.ru/company/microsoft/blog/275959>
  7. Reasons to Switch from TensorFlow to CNTK [Электронный ресурс] // URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/cognitive-toolkit/reasons-to-switch-from-tensorflow-to-cntk>
- Разработка алгоритма и программного обеспечения сегментации и распознавания машиночитаемых бланков на основе свёрточной нейронной сети [Электронный ресурс]. – URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/40514>



## **Секция 2. Автоматизация и управление в технических системах**

## РАЗРАБОТКА СТЕНДА «ТРУБОПРОВОД» ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УТЕЧКИ

Мамонова Т. Е., Медведев А. С.  
Томский политехнический университет  
stepte@tpu.ru

### Введение

В настоящее время известно около 25 методов определения утечек из трубопроводов. [1, 2] Однако для проверки их работоспособности требуются исследования на реальном объекте, что не всегда возможно, так как доступ к трубопроводам перекачки нефтепродуктов весьма ограничен.

**Целью** работы является разработка стенда «трубопровод» для исследования метода определения утечки, основанного на показаниях устройства, разработанного автором работы. Более подробно о методе и устройстве измерения написано в работах [1 – 3].

**Практическая новизна** работы заключается в том, что полученный стенд позволит проводить экспериментальные исследования и сравнивать методы определения утечки, основанные на показаниях датчиков давления [3].

### Гидравлический расчет характеристик стенда

Модель стенда, представленная на рис. 1, состоит из двух взаимосвязанных резервуаров, трубы и двух насосов для перекачки жидкости.

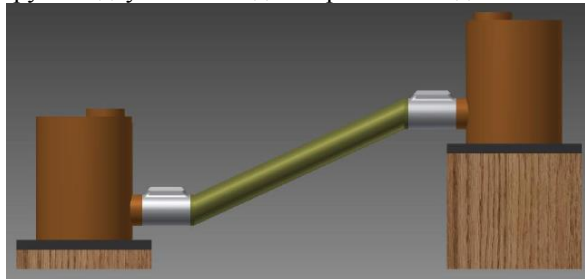


Рис. 1. Модель стенда «Трубопровод»

Все вычисления, математические преобразования и операции, а также построение графиков выполнены с помощью математического пакета MathCAD. Компьютерная модель и чертеж построены с помощью системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor.

### Выбор трубы и определение расчетных скоростей

В качестве жидкости будет использоваться водопроводная вода. Для разрабатываемого стенда экономически целесообразно выбрать трубы ПВХ. В соответствии с этим имеем несколько значений скорости движения жидкости из диапазона [0,5; 3] м/с. Диаметр трубы определяется по формуле [4]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot w}},$$

где  $Q$  – расход жидкости, м<sup>3</sup>/с,  $w$  – средняя скорость движения воды, м/с;  $d$  – диаметр трубы, м.

Расчет представлен в табл. 1. При этом использовались данные, взятые из [3].

Таблица 1. Расчет диаметра трубы

Скорость $w$ , м/с	Расход $Q \cdot 10^{-3}$ , м <sup>3</sup> /с	Диаметр $d$ , м
1	9	0,107
1,5	13	0,105
2	379	0,491
2,5	1200	0,782

Оптимальным размером диаметра  $d$ , исходя из геометрии конструкции и наименьших потерь напора являются  $d = 0,107$  м и  $d = 0,105$  м. В справочнике ближайший диаметр стандартной трубы  $d = 0,110$  м. Два последних значения диаметра трубы не уместно рассматривать в силу больших потерь на трение. Тогда действительная скорость воды для выбранной стандартной трубы равно  $w = 1,789$  м/с.

### Определение потерь напора

Для определения режима движения жидкости в трубе рассчитаем число Рейнольдса по формуле [1]:

$$Re = w \cdot \frac{d}{\nu},$$

где  $\nu = 1,004 \cdot 10^{-6}$  с/м<sup>2</sup> – динамическая вязкость воды при температуре  $t = 20^\circ$  С. Тогда  $Re = 1,96 \cdot 10^5 > Re_{кр} = 2320$ . Следовательно режим движения в разрабатываемом стенде турбулентный. Значит, необходимо рассчитать толщину ламинарного подслоя по формуле [5]:

$$\delta = 34,2 \cdot \frac{d}{Re^{0,875}} = 8,805 \cdot 10^{-5}.$$

Абсолютная шероховатость  $\Delta = 0,075$  мм. Так как  $\Delta > \delta$ , то имеем область гидравлически шероховатых труб. Отсюда следует, что коэффициент трения  $\lambda$  определяем по формуле Никурадзе:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 2 \cdot \log\left(\frac{d}{K_e}\right)\right)^2} = 0,05,$$

где  $K_e = 0,005$  – коэффициент Никурадзе.

Так как трубопровод прямой и не имеет дополнительных ответвлений и включений (вентиль, колено, расширение), расчет коэффициентов местных сопротивлений не нужен. Значение коэффициента сопротивления  $b$  для ПВХ труб возьмем из таблиц значений коэффициентов и

рассчитаем потери на трение на всем трубопроводе:

$$h = b \cdot Q^2 = 2,89 \cdot 10^{-6} \text{ (м)},$$

где  $b = 0,01$  коэффициент сопротивления трубы для диаметров труб менее 0,2 м.

Полученное значение потерь на трение лежит в допустимом диапазоне и говорит о том, что в разрабатываемом трубопроводе имеется трение, оказывающее незначительный тормозящий эффект и требующее дополнительных затрат энергии на свое преодоление. В дальнейшем будет учитываться данный факт при подборе насоса для перекачивания жидкости.

#### Уравнение Бернулли и определение давления на выходе

Выберем два сечения: 1-1 (на выходе из первого резервуара) и 2-2 (на входе во второй резервуар). Уравнение Бернулли имеет вид [4]:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{W_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{W_2^2}{2 \cdot g} + h_{номл-2},$$

где  $z_1, z_2$  – высоты расположения сечений, м;  $P_1, P_2$  – давления на сечениях, Па;  $\gamma$  – плотность перекачиваемой жидкости, Кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения;  $W_1, W_2$  – средняя скорость течения жидкости через соответствующие сечения м/с;  $h_{номл-2}$  – потери напора;  $\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}$  – пьезометрический напор;  $\frac{W_1^2}{2 \cdot g}, \frac{W_2^2}{2 \cdot g}$  – динамический напор.

Расчетные данные уравнения Бернулли представлены в табл. 2.

Таблица 2. Расчетные данные уравнения Бернулли

$\gamma$ , Кг/м <sup>3</sup>	$z_1$ , м	$z_2$ , м	$W_1$ , м/с	$W_2$ , м/с	$P_1$ , Па·10 <sup>3</sup>	$P_2$ , Па·10 <sup>3</sup>	$h_{номл-2}$ , м·10 <sup>-6</sup>
999,97	0	0,5	1,79	1,79	101,37	101,368	2,89

#### Построение характеристики трубопровода

Уравнение напорной характеристики сети записывается следующим образом [4]:

$$H(Q) = a + (c + b) \cdot Q^2,$$

где  $a = (z_1 - z_2) + \frac{P_2 - P_1}{\gamma}$ ,  $c = [8 \frac{1}{d_1^4} - 8 \frac{1}{d_2^4}] / g \pi^2$ ,

$d_1$  – диаметр трубы в сечении 1-1, м,  $d_2$  – диаметр трубы в сечении 2-2, м. Так как диаметр трубы не изменяется по всей его длине, то  $c = 0$ .

Тогда для расчетного трубопровода уравнение характеристики трубопровода примет вид:

$$H(Q) = -2,89 \cdot 10^{-6} + 0,01 \cdot Q^2.$$

На рис. 2 приведен график напорной характеристики трубопровода ( $H$ - $Q$  зависимость). Характеристика, представленная на рис. 2,

показывает зависимость напора, который надо сообщить жидкости, поступающей в трубопровод, от расхода, подаваемого по трубопроводу.

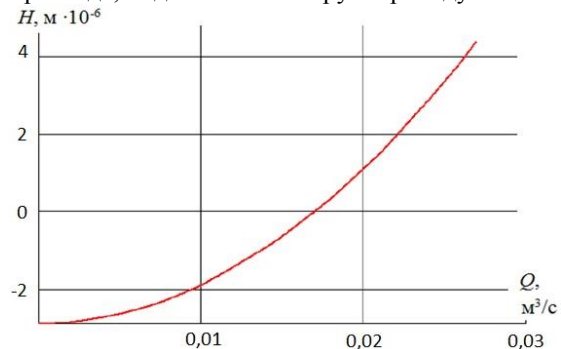


Рис. 2. График зависимости  $H$ - $Q$

Данная характеристика будет использоваться в дальнейших расчетах для определения рабочей точки, соответствующая рабочей точке используемого насоса.

#### Заключение

Таким образом, для разрабатываемого стенда «трубопровод» были выбраны следующие параметры: длины трубы – 1,2 м, диаметра трубы – 0,110 м, вид материала трубы – ПВХ, тип перекачиваемой жидкости – водопроводная вода при температуре 20° С. Выполненный гидравлический расчет показывает, что при выбранных значениях трубы и перекачиваемой жидкости стенд будет работать без сбоя.

#### Список использованных источников

1. Мамонова Т. Е. Метод определения утечки из нефтепровода, основанный на разности во времени давления / Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2013. Т. 323. № 1. С. 216-219.
2. Васильева Т. Н., Мамонова Т. Е. Применение методов искусственного интеллекта // Молодёжь и современные информационные технологии. Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2014. С. 402-403.
3. Мамонова Т. Е. Обнаружение утечек из нефтепровода с использованием устройства для измерения давления / Наука красная. 2012. № 5. С. 102-111.
4. Гидравлический расчет трубопроводов. Расчет диаметра трубопровода. Подбор трубопроводов. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ence-pumps.ru/truboprovody.php> (дата обращения 13.06.2017 г.).
5. Определение потерь напора. [Электронный ресурс]. – URL: <http://3ys.ru/gidravlika/opredelenie-poter-napora.html> (дата обращения 13.06.2017 г.). Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 16-38-00010 мол\_а.

## НАБЛЮДАТЕЛЬ ПОЛНОГО И ПОНИЖЕННОГО ПОРЯДКА

Петров П.В., Сидорова А.А.

Научный руководитель: Сидорова А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

sidorova@tpu.ru

### Введение

На практике достаточно распространенной является ситуация, когда не все компоненты вектора состояний доступны для измерения. В этом случае, чтобы в системе управления возможно было использовать обратную связь по состоянию, необходимо восстановить вектор состояния системы, недоступный для измерения. Восстановление вектора состояния называется его оценкой, а устройства, формирующие на выходе вектор оценки состояний, а также позволяющие отделить полезный сигнал от помех, наблюдателями (идентификаторами, фильтрами).

Наблюдатель может иметь порядок, равный порядку системы (наблюдатель полного порядка, например, фильтр Калмана), который оценивает вектор состояния учитывая все переменные состояния, или меньший, по сравнению с системой (наблюдатель пониженного порядка, наблюдатели Люенбергера), который имеет размерность на 1 или на количество измеряемых компонент меньше, чем система. Последний формирует новый вектор, в котором учитываются только те компоненты вектора состояния, которые не доступны для измерения.

### Наблюдатель полного порядка

В большинстве задач регулирования и слежения, используется следующее предположение: полный вектор состояния можно измерить точно. Это предположение обычно нереально. Более часто встречается случай, когда в системе  $n$ -го порядка,  $\text{rank}[C(t)] < n$ , т.е. мгновенное значение вектора состояния  $x(t)$  нельзя вычислить через векторную наблюдаемую переменную  $y(t)$ .

Задача может быть решена за счет введения в систему специального устройства – наблюдателя, осуществляющего оценку вектора состояния  $x(t)$  по наблюдаемой переменной  $y(t)$ . Наблюдатель представляет собой динамическую систему, выходная переменная которой со временем должна приближаться к состоянию системы, которое необходимо восстановить [1].

Синтезируем модальный наблюдатель полного порядка для динамического объекта второго порядка

$$\ddot{x}(t) + a\dot{x}(t) + bx(t) = u(t), \quad (1)$$

где  $z(t)$  – фазовое состояние объекта,  $a, b$  – заданные константы, определяющие динамику объекта,  $u(t)$  – внешний сигнал.

Пусть наблюдению доступна переменная

$$y(t) = Qz(t) + Dz(t). \quad (2)$$

Если ввести замену  $x_1 = z$ ,  $x_2 = \dot{x}$  то модель объекта в форме уравнений состояния примет вид

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -b & -a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t), \quad (3)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} Q & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Наблюдатель с постоянными параметрами для этой системы описывается уравнением

$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{x}}_1(t) \\ \dot{\hat{x}}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -b & -a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}_1(t) \\ \hat{x}_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t) + \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \end{bmatrix} \left[ y(t) - \begin{bmatrix} Q & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}_1(t) \\ \hat{x}_2(t) \end{bmatrix} \right],$$

где постоянные коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  необходимо выбрать. Структурная схема объекта с наблюдателем представлена на рисунке 1.

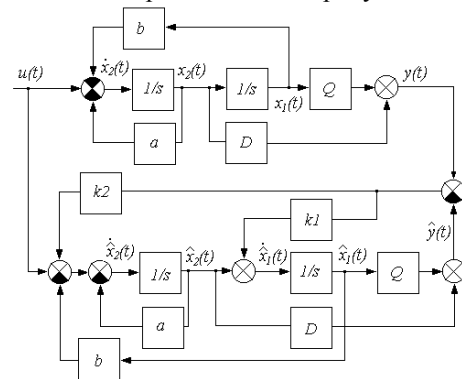


Рис. 1. Структурная схема объекта с наблюдателем полного порядка

Характеристический полином наблюдателя определяется уравнением

$$\det \left\{ \begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -b & -a \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 Q & k_1 D \\ k_2 Q & k_2 D \end{bmatrix} \right\} = \det \begin{bmatrix} s + k_1 Q & -1 + k_1 D \\ b + k_2 Q & s + a + k_2 D \end{bmatrix} =$$

$$= s^2 + s(k_1 Q + k_2 D + a) + [k_1(aQ - bD) + k_2 Q + b].$$

### Наблюдатель пониженного порядка

Идея построения наблюдателей с размерностью, меньшей размерности системы, состоит в том, чтобы исключить из вектора оцениваемых переменных все или некоторые измеряемые переменные. В частном случае, измерения этих переменных могут напрямую использоваться для управления, если они слабо зашумлены. Назовем такие наблюдатели наблюдателями пониженного порядка. В литературе их часто называют также наблюдателями Люенбергера [2].

Синтезируем наблюдатель пониженного порядка для динамического объекта второго порядка. Модель объекта и канала наблюдений можно представить в виде





## СИНТЕЗ ФИЛЬТРА КАЛМАНА-БЬЮСИ

Бологов А.А., Сидорова А.А.

Научный руководитель: Сидорова А.А. Томский политехнический университет  
Bologov.andrey.94@mail.ru

### Аннотация

В работе рассмотрен алгоритм фильтра Калмана-Бьюси, позволяющий увеличить точность. Представлена структурная-схемы алгоритма фильтрации. Также проведена серии численных расчетов для различных линейных и нелинейных моделей. Приведены сравнительные характеристики работы алгоритма при различных коэффициентах.

### Введение

В 60-х годах появились работы Р.Калмана и Р.Бьюси, посвящённые проблеме построения линейных оценок вектора состояния динамической системы, описываемой стохастическими дифференциальными уравнениями, со случайной аддитивной добавкой типа стандартного белого шума. Наряду с системой рассматриваются наблюдения, линейно зависящие от вектора фазовых переменных, со случайным шумом. В предположении положительной определённости матриц интенсивностей шумов выведены уравнения оптимального фильтра Калмана-Бьюси.

Новизна подхода Калмана к построению оценки состояния динамических систем при наличии случайных помех заключается в комбинации двух известных идей: динамическая система рассматривается как перемещение в пространстве наблюдений и линейная оценка строится как проекция в гильбертовом пространстве. Метод Калмана-Бьюси учитывает также свойства исследуемой системы путём введения в уравнения фильтра уравнения динамики системы [1].

### Синтез фильтра Калмана-Бьюси

Синтезируем стационарный оптимальный наблюдатель для несингулярной задачи оптимального наблюдения при некоррелированных шуме, возмущающем состояние, и шуме наблюдения, для следующего динамического объекта первого порядка:  $\dot{x}(t) = -a \cdot x(t) + b \cdot u(t) + g(t)$ .

Наблюдаемая переменная определяется выражением  $y(t) = x(t) + p(t)$ .

Здесь через  $g(t)$  обозначен шум, возмущающий состояние, а через  $p(t)$  - шум измерений (белые шумы с постоянными скалярными интенсивностями, соответственно  $V_1$  и  $V_2$ ). Предположим также, что совокупный процесс  $[g(t), p(t)]$  можно описать как белый шум с интенсивностью

$$V(t) = \begin{bmatrix} V_1(t) & V_{12}(t) \\ V_{12}^T(t) & V_2(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$E\left\{\begin{pmatrix} g(t_1) \\ p(t_1) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} g^T(t_1) & p^T(t_1) \end{pmatrix}\right\} = V(t_1) \cdot \delta(t_1 - t_2). \quad (2)$$

Здесь  $E$  – символ математического ожидания.

Если все компоненты наблюдаемой переменной возмущаются белым шумом и невозможно извлечь из  $y(t)$  информацию, которая не содержала бы белого шума, то задача восстановления состояния системы называется несингулярной (невыврожденной).

Примем обозначения  $E\{x(t_0)\} = \bar{x}_0$ ,  $E\{[x(t_0) - \bar{x}_0] \cdot [x(t_0) - \bar{x}_0]^T\} = Q_0$ .

Будем считать, что показателем того, насколько успешно наблюдатель восстанавливает состояние системы в момент времени  $t$ , является среднее значение квадрата ошибки восстановления  $E\{e^T(t) \cdot W \cdot e(t)\}$  с заданной положительно определенной матрицей  $W(t)$ . Средняя квадратическая ошибка восстановления зависит от выбора  $\hat{x}(t_0)$  и матрицы наблюдающего устройства  $K(\tau)$ ,  $t_0 \leq \tau \leq t$ . Задача оптимального выбора этих величин называется задачей оптимального наблюдения.

Задача в такой постановке впервые была решена Калманом и Бьюси. Ее решение получается путем выбора матрицы коэффициентов усиления:

$$K^0(t) = Q(t) \cdot C^T(t) \cdot V_2^{-1}(t), t \geq t_0 \quad (3)$$

где  $Q(t)$  – решение матричного уравнения Риккати [2].

$$\dot{Q}(t) = V_1(t) - Q(t) \cdot C^T(t) \cdot V_2^{-1}(t) \cdot C(t) \cdot Q(t) + Q(t) \cdot A^T(t) + A(t) \cdot Q(t) \quad (4)$$

с начальным условием  $Q(t_0) = Q_0$ . Начальное условие для наблюдателя должно быть выбрано в виде  $\hat{x}(t_0) = \bar{x}_0$ .

Если удовлетворяются соотношения (3 и 4), то выражение  $E\{[x(t) - \hat{x}(t)]^T \cdot W(t) \cdot [x(t) - \hat{x}(t)]\}$  минимизируется при всех  $t \geq t_0$ . Матрица дисперсий ошибки восстановления определяется выражением  $E\{[x(t) - \hat{x}(t)] \cdot [x(t) - \hat{x}(t)]^T\} = Q(t)$ , а среднее значение квадрата ошибки восстановления равно  $E\{[x(t) - \hat{x}(t)]^T \cdot W(t) \cdot [x(t) - \hat{x}(t)]\} = \text{tr}[Q(t) \cdot W(t)]$ . Отметим, что решение задачи оптимального наблюдения не зависит от весовой матрицы  $W(t)$ .

Полученный оптимальный наблюдатель известен как фильтр Калмана-Бьюси. Этот фильтр является линейным оценщиком с минимальным средним значением квадрата ошибки, т.е. нельзя найти другой линейный функционал наблюдений  $y(t)$  и входного воздействия  $u(t)$ ,  $t_0 \leq \tau \leq t$ , который дает оценку состояния  $\hat{x}(t)$  с меньшей квадратической ошибкой восстановления.

Как видно, матрица коэффициентов усиления фильтра  $K^0(t)$  нестационарна. Ее можно получить, решая матричное уравнение Риккати (4) в реальном масштабе времени и используя выражение (3).



При нежестких ограничениях решение  $Q(t)$  уравнения Риккати (4) для наблюдателя сходится к установившемуся решению  $\bar{Q}(t)$ , которое не зависит от  $Q_0$ , когда начальный момент времени  $t_0$  приближается к бесконечности. Для системы с постоянными параметрами и постоянными плотностями шумов датчиков и шумов, возмущающих состояние, установившееся решение  $\bar{Q}$  также является постоянной матрицей и, в общем случае, представляет собой единственное неотрицательно определенное решение алгебраического уравнения Риккати для наблюдателя:

$$0 = A \cdot Q + Q \cdot A^T + V_1 - Q \cdot C^T \cdot V_2^{-1} \cdot C \cdot Q \quad (5)$$

Это уравнение получается из уравнения (4), если принять производную по времени  $\dot{Q}(t)$  равной нулю. Соответственно, установившаяся матрица коэффициентов усиления оптимального наблюдателя может быть записана в виде

$$\bar{K} = \bar{Q} \cdot C^T \cdot V_2^{-1} \quad (6)$$

Полученный стационарный оптимальный наблюдатель с постоянной матрицей коэффициентов усиления  $\bar{K}$  является асимптотически устойчивым. В системе с постоянными параметрами он оптимален в том смысле, что предел  $\lim_{n \rightarrow \infty} E\{e^T(t) \cdot W \cdot e(t)\}$  достигает минимума в сравнении со всеми другими наблюдателями с постоянными параметрами. Оптимальный наблюдатель обеспечивает компромисс между скоростью восстановления и устойчивостью к шуму наблюдений.

Рассчитаем установившейся оптимальный наблюдатель для этой системы. Для этого решим алгебраическое уравнение Риккати:

$$-\frac{1}{V_2} Q^2 - 2 \cdot a \cdot Q + V_1^2 = 0 \quad (7)$$

Получим  $\bar{Q}_{1,2} = [-a \pm \sqrt{a^2 + V_1^2/V_2}] \cdot V_2$ . Отсюда следуют два варианта для установившегося коэффициента усиления наблюдателя:

$$\bar{K}_1 = \bar{Q}_1 \cdot C^T \cdot V_2^{-1}, \quad \bar{K}_2 = \bar{Q}_2 \cdot C^T \cdot V_2^{-1}. \quad (8)$$

Приняв значения  $a = 0.5, V_1 = 1, V_2 = 1.5$  и учитывая, что  $\bar{K} \geq 0$ , получим  $\bar{K} = 0.457$ . Структурная схема объекта с наблюдателем представлена на рисунке 1, а схема моделирования - рисунке 2 [3, 4].

На рисунках 3 и 4 представлены графики выходных величин.

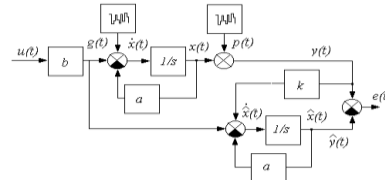


Рис. 1. Структурная схема объекта со стационарным оптимальным наблюдателем

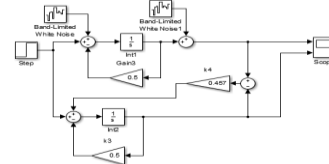


Рис. 2. Схема моделирования объекта с фильтром Калмана-Бьюси

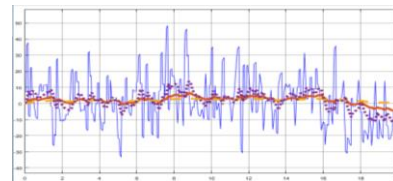


Рис. 3. Выходные характеристики (линия - выход фильтра при  $K=0.457$ , пунктир - выход фильтра при  $K=2$ , штрих - выход фильтра при  $K=0.1$ )

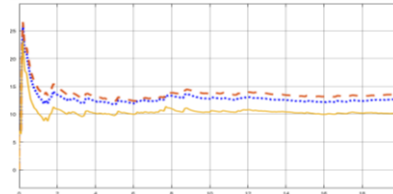


Рис. 4. Среднеквадратичная ошибка (линия - при  $K=0.457$ , пунктир - при  $K=2$ , штрих - при  $K=0.1$ )

### Заключение

В ходе выполнения работы был сделан анализ свойств фильтра Калмана-Бьюси в рамках несингулярной задачи оптимального наблюдения при некоррелированных шумах. Получен результат фильтрации сигнала объекта. При применении фильтра Калмана-Бьюси мы можем избавиться от биения в системе, которая негативно влияет на надежность системы, чем меньше коэффициент  $K$ , тем лучше происходит сглаживание сигнала. При рассчитанном коэффициенте  $K$  имеем самую маленькую среднеквадратичную ошибку.

### Литература

1. Фильтр Калмана-Бьюси. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ФильтрКалмана>
2. Бессекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 1975. – 768 с.
3. Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.
4. Теория автоматического управления Ч. II Под ред. А.В.Нетушила – М.: Высшая школа, 1972. – 43

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ С РЕГУЛЯТОРАМИ СОСТОЯНИЯ

Н. А. Иванова

Новосибирский государственный технический университет  
natalya.ivanova95@list.ru

### Введение

Основной задачей в построении системы автоматического управления является синтез систем. Вот почему необходимо уметь решать её и знать несколько подходов для её решения.

Использование модального метода синтеза предполагает получение решения в два этапа. На первом идёт расчёт желаемого уравнения, т.е. такое, при котором выполняются требования по качеству системы автоматического управления. На втором осуществляется собственно синтез регулятора.

### Описание метода для статического метода

В работе будем использовать процедуру модального метода синтеза по состоянию, структурная схема статической системы представлена на рисунке 1, где приняты следующие обозначения:  $v$  – входное воздействие;  $u$  – управление;  $x$  – состояние;  $y$  – выход системы;  $K$  – матрица обратных связей, обеспечивающая распределение корней для заданной синтезируемой системы;  $D$  – матрица, обеспечивающая требуемые статические свойства.

В обратной связи используем вектор состояния при предположении, что он полностью измеряем.

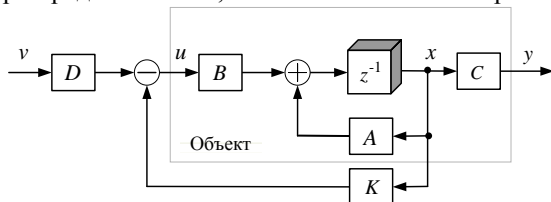


Рис.1. Схема исследуемой системы

В работе исследуем одноканальный объект второго порядка. По структурной схеме (рис.1) опишем исследуемую систему в виде системы уравнений [1], [2]:

$$\begin{cases} x(k+1) = Ax(k) + Bu(k), \\ u(k) = -Kx(k) + Dv, \\ y(k) = Cx(k), \end{cases}$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – матрицы дискретной модели объекта управления.

Характеристическое уравнение системы:

$$\det[zI - A + BK] = 0 \quad (1)$$

Корни характеристического уравнения  $z_1$ ,  $z_2$  выбираем в соответствии с желаемыми динамическими свойствами системы.

Уравнение желаемого характеристического полинома имеет вид:

$$C(z) = (z - z_1)(z - z_2) \quad (2)$$

Если приравняем уравнения (1) и (2), то сможем

поучить искомые коэффициенты матрицы обратных связей  $K$ .

Уравнение статики синтезируемой системы, для получения матрицы  $D$ :

$$\begin{cases} x^0 = (A - BK)x^0 + BDv, \\ y^0 = Cx^0, \end{cases}$$

Из предыдущей системы уравнений получим значение выхода объекта в статике [1]:

$$y^0 = C(I - A)^{-1}BDv,$$

Поскольку в статике  $y^0 = v$ , то окончательное выражение для вычисления искомой матрицы  $D$  принимает вид [1]:

$$D = [C(I - A)^{-1}B]^{-1}.$$

Для одноканального объекта искомая матрица  $D$  является коэффициентом. В реальности крайне редко можно измерить полный вектор состояния объекта, поэтому используем оценку вектора состояния, полученную при помощи специальных динамических подсистем.

### Описание метода для астатической системы

Модальным методом по состоянию возможно реализовать астатическую систему.

Воспользуемся свойством астатизма замкнутых систем, в прямом канале которых имеется интегратор, для того чтобы обеспечить желаемую статику при действии на объект возмущающих воздействий. На рисунке 2 представлена структурная схема астатической системы для объекта второго порядка.

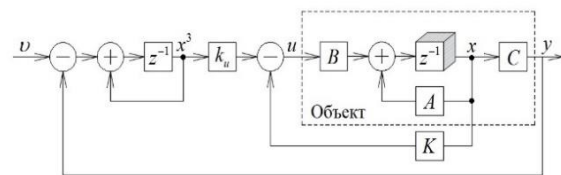


Рис 2. Структурная схема астатической системы

Матричная модель одноканального объекта – стандартная [1],[3]:

$$\begin{cases} x(k+1) = Ax(k) + Bu(k); \\ y(k) = Cx(k). \end{cases}$$

Выполним процедуру синтеза на объекте второго порядка, представленном в «прямой» форме:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -a_0 & -a_1 \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}; \quad C = (b_0 \quad b_1).$$

Чтобы провести процедуру синтеза необходимо расширить модель объекта, добавив

разностное уравнение интегратора в матричную модель объекта:

$$\begin{cases} x(k+1) = Ax(k) + Bu(k); \\ x_3(k+1) = v(k) - y(k) + x_3; \\ u(k) = k_u x_3(k) - Kx(k); \\ y(k) = Cx(k). \end{cases}$$

Запишем расширенную систему уравнений замкнутой системы с объектом второго порядка:

$$\begin{cases} x_1(k+1) = x_2(k); \\ x_2(k+1) = (-a_0 - k_0)x_1(k) + (-a_1 - k_1)x_2(k) + k_u x_3(k); \\ x_3(k+1) = v(k) - b_0 x_1(k) - b_1 x_2(k) + x_3(k); \\ y(k) = b_0 x_1(k) + b_1 x_2(k). \end{cases}$$

Матрица правой части расширенной системы уравнений:

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -a_0 - k_0 & -a_1 - k_1 & k_u \\ -b_0 & -b_1 & 1 \end{pmatrix}.$$

При помощи этой матрицы получаем полином третьей (астатическая система) или второго (статическая система) порядка, приравниваем к желаемому уравнению и получаем искомые нами коэффициенты. Расчетное соотношение:

$$\det(zI - \bar{A}) = C_{\text{ж}}(z);$$

$$C_{\text{ж}} = (z - z_1)(z - z_2)(z - z_3).$$

Нахождение коэффициентов:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & b_1 \\ 0 & -1 & b_0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} k_1 \\ k_0 \\ k_u \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_2 + 1 - a_1 \\ c_1 + a_1 - a_0 \\ c_0 + a_0 - 0 \end{pmatrix}.$$

#### Тестирование алгоритма поиска

На рис.3, рис.4 представлены переходные процессы для непрерывного объекта и дискретного объекта с регулятором соответственно, для астатической системы.

На рис.5, рис.6 представлены переходные процессы для непрерывного объекта и дискретного объекта с регулятором соответственно, для статической системы.

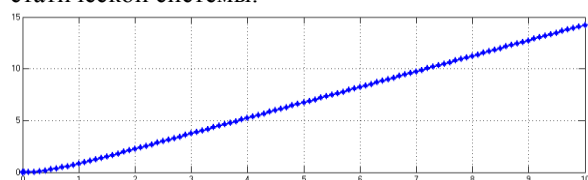


Рис.3. Переходный процесс непрерывного объекта (астатическая система)

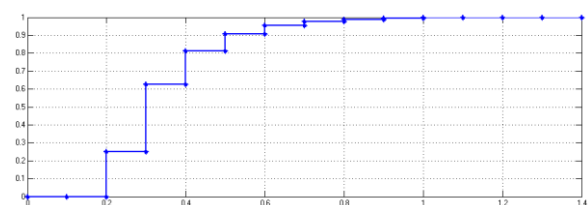


Рис.4. Переходный процесс дискретного объекта с регулятором (астатическая система)

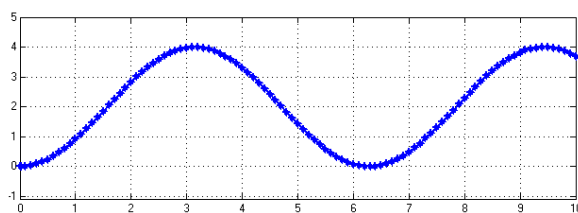


Рис.5. Переходный процесс непрерывного объекта (статическая система)

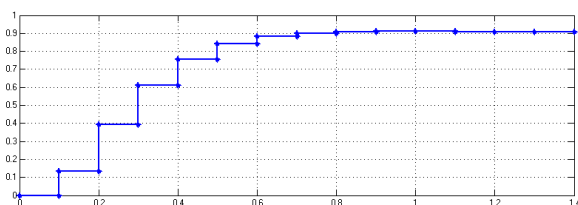


Рис.6. Переходный процесс дискретного объекта с регулятором (статическая система)

#### Заключение

В результате проведения моделирования можно сделать вывод о том, что модальный метод синтеза по состоянию является важным как в вопросе устойчивости систем, так и для дискретных систем в целом. Из полученных характеристик видно, что с помощью данного метода можно получить желаемый вид переходного процесса без перерегулирования, при правильном расчете коэффициентов, что свидетельствует о высокой точности расчета по данному методу. Теоретические материалы были составлены для второго порядка, так как данный порядок в трудах ранее не рассматривался.

#### Список использованных источников

1. Гаврилов Е.Б. Цифровые системы управления. Сборник задач для индивидуальных заданий: учеб. пособие / Е.Б. Гаврилов, Г.В. Саблина. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 44 с.
2. URL: <http://rudocs.exdat.com> (Дата обращения: 25.04.2017)
3. Востриков А.С. Основы теории непрерывных и дискретных систем регулирования. – 5-е изд., перераб. и доп.: учеб. пособие / А.С. Востриков, Г.А. Французова, Е.Б. Гаврилов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 476 с.
4. Лазарева Т. Я. Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартемьянов – Тамбов: Изд-во: Тамб. гос. техн. ун-т, 2004. – 352 с.

## МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

А.В. Юров, Леонов С.В.  
СТИ НИЯУ МИФИ  
yurov-anton@mail.ru

### Введение

Современные тенденции развития промышленной отрасли, дают представление о том, что для успешного проектирования АСУ ТП необходимо применять высокопроизводительные контроллеры, а также использовать современные методы оценки надежности проектируемых систем. Немаловажную роль в оценке надежности АСУ ТП играет повышение безопасности и работоспособности алгоритмов управления применяемых в контроллерах управления.

Целью данной работы является анализ существующих методов оценки надежности программного обеспечения на предмет их применимости для оценки алгоритмов управления.

### Понятие надежности ПО

Согласно определению: программа, не содержащая ошибок, считается правильной, а следовательно – абсолютно надежной, поскольку она не дает неверные результаты. На основании данного факта сформировалось представление о том, что количество ошибок в программе можно рассматривать как наиболее естественную меру надежности [1]. Надежность программы не зависит от количества ошибок, находящихся в ней, поскольку:

1. Число ошибок в программе - величина «ненаблюдаемая», т.е. проявляется результат ошибок, сами ошибки мы видеть не можем.

2. Программа может функционировать неправильно не из-за одной, а сразу нескольких ошибок.

3. Ошибки могут быть взаимосвязаны между собой и компенсировать друг друга, так что после исправления одной ошибки программа может начать «работать хуже».

4. Надежность является характеристикой и показывает частоту проявления ошибок, в то же время ошибки могут появляться с различной частотой: некоторые ошибки могут оставаться невыявленными даже после нескольких месяцев и лет эксплуатации. Также существуют примеры программ, обладающих нулевой надежностью, в которых одна единственная ошибка приводит к неверной работе программы при любых исходных данных.

Следует отметить тот факт, что если число ошибок рассматривать как меру надежности, то по терминологии теории вероятности — данное число есть случайная величина, однако вопрос, на каком пространстве элементарных событий она задана, нигде не затрагивается. Важно отметить, что при исправлении ошибки или коррекции кода

получается программа с новым показателем надежности [2].

Следовательно, можно прийти к выводу о том, что количество ошибок в программе описывает не саму программу, а ее изготовителей, а также используемый инструментарий.

### Модели оценки надежности ПО

Согласно общепринятой классификации все модели оценки надежности ПО можно разделить на следующие: эмпирические и аналитические. К аналитическим моделям в свою очередь относятся: статические, непрерывные динамические, а также дискретные модели [3]. Преимущество эмпирических моделей в том, что они не содержат сложных формул и вычисления по ним просты. К недостаткам эмпирических моделей относится то, что они очень грубы, весьма приблизительны. Кроме того, они не отражают динамики вычислительного процесса при эксплуатации программ [4]. **Модель Джелинского-Моранды.** Метод относится к непрерывным динамическим моделям. Данная модель основана на допущении о том, что время до следующего отказа распределено экспоненциально, а интенсивность отказов программы является величиной пропорциональной количеству ошибок, оставшихся в программе. Согласно данным допущениям вероятность безотказной работы ПО как функции времени  $t_i$  равна (1):

$$P(t_i) = e^{-\lambda t_i}, \quad (1)$$

интенсивность отказов (2):

$$\lambda_i = C_D(N - (i - 1)). \quad (2)$$

где:  $N$  – первоначальное количество ошибок;

$C_D$  – коэффициент пропорциональности.

Основным достоинством модели является простота расчетов. Недостаток этой модели состоит в том, что при неточном определении величины  $N$  интенсивность отказов программы может стать отрицательной, что приводит к бессмысленному результату. Кроме того, предполагается, что при исправлении обнаруженных ошибок не вносятся новые ошибки, что тоже не всегда выполняется.

**Модель Шумана.** В данной модели существует несколько этапов тестирования. На каждом этапе осуществляется выполнение программы по набору тестовых данных. Найденные ошибки в процессе тестирования регистрируются, однако не исправляются. На стадии завершения этапа все найденные ошибки исправляются, тестовые наборы корректируются, после чего осуществляется следующий этап тестирования. Модель Шумана предполагает программное обеспечение на  $i$ -м этапе тестирования и имеет

следующую функцию надежности (3,4):

$$R_i(t) = e^{-\lambda_i t}, \quad (3)$$

$$\lambda_i = C(N - n_{i-1}). \quad (4)$$

где  $N$  – первоначальное количество ошибок в программном обеспечении;

$N - n_{i-1}$  – количество ошибок, оставшихся к началу  $i$ -го этапа;

$C$  – коэффициент пропорциональности, равный (5):

$$C = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{m_i}{N - n_{i-1}}}{\sum_{i=1}^k t_i}. \quad (5)$$

Считается, что частота обнаружения ошибок пропорциональна количеству оставшихся ошибок, а также что при исправлении программы новые ошибки не вносятся. К преимуществам модели можно отнести то, что по ней можно определить все неизвестные параметры, то есть нет необходимости обращаться к другим моделям, что сокращает время расчета надежности.

**Модель Миллса.** Использование данной модели предполагает необходимость искусственного внесения в программу перед началом тестирования некоторого количества известных ошибок. Ошибки вносятся случайным образом, после чего фиксируются в протоколе искусственно внесенных ошибок. Специалист, который осуществляет тестирование, как правило не должен знать ни количество, ни характер внесенных ошибок. Предполагается, что все ошибки, как естественные, так и искусственные равновероятно могут быть найдены в процессе тестирования. Программа тестируется в течение некоторого времени, после чего собираются статистические данные об обнаруженных ошибках.

Допустим, что после тестирования программы обнаружено  $n$  собственных ошибок программы и  $v$  искусственно внесенных ошибок. Тогда первоначальное количество ошибок в программе  $N$  можно оценить по следующей формуле (6):

$$N = n \frac{S}{v}, \quad (6)$$

где  $S$  – количество искусственно внесенных ошибок. Достоинством модели Миллса является простота применяемого математического аппарата и наглядность. Недостатки: необходимость внесения искусственных ошибок (этот процесс плохо формализуем), достаточно вольное допущение величины  $K$ , которое основывается исключительно на интуиции и опыте человека, производящего оценку, то есть допускает большое влияние субъективного фактора.

## Заключение

Проводя анализ моделей для определения надежности программного обеспечения, можно заключить, что большинство из них определяет надежность ПО только на начальных стадиях жизненного цикла программы. Применение данных моделей для оценки надежности ПО на завершающих стадиях жизненного цикла программы имеет ограничения по следующим причинам:

- недоступность на стадии производства и использования программного обеспечения информации о процессе отладки, а также обнаружении и устранении ошибок;
- малая интенсивность отказов при приемосдаточных испытаниях.

Соответственно имеет смысл рекомендовать для определения надежности программного обеспечения на всех стадиях его жизненного цикла использование по меньшей мере, двух моделей оценки надежности ПО. Модель по оценке надежности ПО должна подбираться для каждой стадии разработки и для каждой конкретной программы. Для этого необходимо наличие данных о имеющихся ошибках, на основании имеющихся данных целесообразно осуществлять подбор модели надежности, после чего также необходимо выполнить тесты, показывающие, пригодность выбранной модели. Для определения надежности программного обеспечения на завершающих стадиях целесообразно применять модели надежности с системно-независимым аргументом, поскольку данные модели дают наиболее точную оценку надежности ПО. Исходя из выше представленной информации, можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на надежность программного обеспечения оказывают внутренние ошибки, а также ошибки, которые находятся на первых этапах эксплуатации программ. Соответственно для оценки надежности ПО целесообразно использовать следующие модели: Модель Миллса, Модель Шумана, Модель Джелинского-Моранды. Данные модели позволят наиболее полно оценить надежность алгоритмов управления проектируемой АСУ ТП.

## Список использованных источников

1. Г. Майерс. Надежность программного обеспечения. Москва, Мир, 1980 год.
2. Карповский Е.Я., Чижов С.А. Надежность программной продукции. – К.: Тэхніка, 1990. – 160 с.
3. Фатуев В.П. Надежность автоматизированных информационных систем: Учебное пособие // Высоцкий В.И., Бушинский В.И. – Т.: ТГУ, 1998. – 104 с.
4. Шураков В.В. Надежность программного обеспечения систем обработки данных: Учебник для вузов. – М.: Статистика, 1981. – 216 с.



## СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

Ким Д.В.  
Беляев А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[kimdima9701@gmail.com](mailto:kimdima9701@gmail.com)

### Введение

При разработке любой современной системы автоматического управления, существует необходимость обработки данных с датчиков, установленных в обратной связи. В связи с необходимостью получения все большей точности, важное влияние начинают оказывать шумы в показаниях датчиков. В российской литературе описываются различные методы фильтрации сигналов, такие как экспоненциальное скользящее среднее [1], фильтр Ланцоша [2], Фильтр Калмана [3], вейвлет-преобразования [4] и т.п.

Однако в связи с увеличением популярности методов искусственного интеллекта и машинного обучения для таких задач как: управление, классификация, определение закономерностей в данных, обработка цифровых изображений и т.п. Появляется вопрос о перспективности использования этих методов для фильтрации данных, поскольку данную задачу на основе классических методов можно свести к поиску закономерностей в данных. Уже имеются работы по использованию методов искусственного интеллекта в качестве цифровых фильтров, например, применение классического персептрона [5], фильтра Калмана [3], вейвлет-преобразований [4], нейронных сетей прямого распространения [6]. В результате цель данной работы сравнить фильтр, построенный на классическом методе экспоненциального скользящего среднего и фильтра, построенного на основе классических нейронных сетей.

### Метод экспоненциального скользящего среднего (далее ЭСС)

В общем виде формула для расчета значения экспоненциального скользящего среднего (далее ЭСС) выглядит следующим образом:

$$\text{EMA}_t = \alpha \cdot P_t + (1 - \alpha) \cdot \text{EMA}_{t-1}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – параметр (коэффициент) сглаживания ( $0 < \alpha < 1$ ),  $P_t$  – значение случайной величины (сигнала) в момент времени  $t$ ,  $\text{EMA}_{t-1}$  – значение ЭСС в момент времени  $t-1$ .

Коэффициент  $\alpha$  рассчитывается по следующей формуле:

$$\alpha = \frac{2}{N+1}, \quad (2)$$

где  $N$  – размер скользящего окна, то есть количество данных для расчета скользящего среднего.

### Метод с использованием нейронных сетей (далее НС)

С помощью пакета нейронных сетей NNtool в среде Matlab создадим нейронную сеть и обучим на основе обучающей выборки, сформированной из зашумленного сигнала, полученного из модели, собранной в Simulink.

Для определения показателей качества необходимо сравнить полученный сигнал и исходный. В качестве метода сравнения используется интегральная квадратичная ошибка (ИКО), определяемая по формуле:

$$\text{err} = \sum_{i=1}^n (S_i - S_i^{\text{ист}})^2, \quad (3)$$

где  $S_i$  – значение отфильтрованного сигнала на  $i$ -ой итерации,  $S_i^{\text{ист}}$  – значение истинного сигнала на  $i$ -ой итерации.

### Исследование метода ЭСС

В работе [1] было проведено исследование фильтра, основанного на методе ЭСС. Было выяснено, что оптимальным выбором порядка ЭСС и размера скользящего окна будет 3 и 4-5 соответственно. На рисунке 1 представлена фильтрация по методу ЭСС.

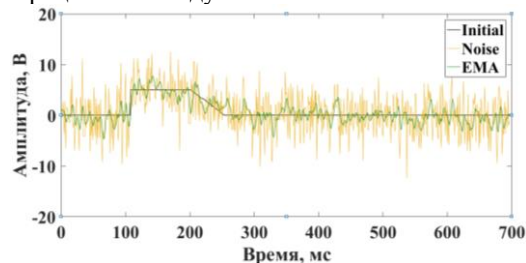


Рис. 1. Фильтрация посредством метода ЭСС

### Исследование метода с использованием НС

Для исследования данного метода используем модель, собранную в среде Matlab & Simulink. В качестве тестовых сигналов использовались сигналы различной формы с амплитудой от -1 до 5 В и от 0 до 5 В. На рисунке 2 представлены тестовые сигналы.

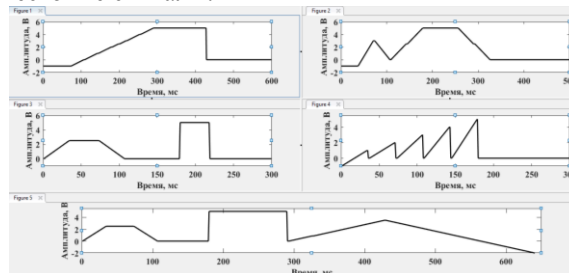


Рис. 2. Тестовый сигнал



На основе представленных тестовых сигналов была сформирована обучающая выборка, имеющая размерность  $[N \times M]$ , где  $N$  – размер скользящего окна,  $M$  – суммарная размерность тестовых сигналов.

На основе сформированной выборки были обучены следующие типы нейронных сетей:

- Cascade-Forward backprop (НС с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки),
- Elman backprop (рекуррентная НС или сеть Элмана с обратным распространением ошибки),
- Feed-Forward backprop (сеть прямого распространения сигнала с обратным распространением ошибки),
- Layer recurrent (линейная рекуррентная НС).

Основными параметрами нейронных сетей являются количество слоев и количество нейронов в каждом слое. Для решения нашей задачи были выбраны следующие параметры: 3 слоя с 25 нейронами в первом и 15 нейронов во втором с логарифмической функцией активацией, а третий слой является выходным и содержит 1 нейрон и линейную функцию активации. На рисунке 3 представлен отфильтрованный тестовый сигнал посредством НС.

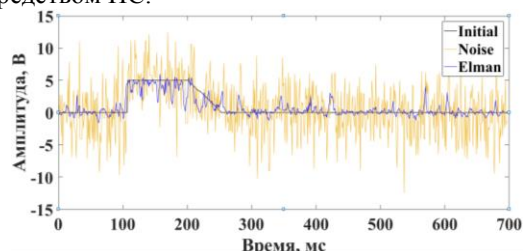


Рис. 3. Фильтрация посредством НС

Для сравнения качества фильтрации различных фильтров посчитаем их ИКО. Сравнение методов фильтрации представлено на рисунке 4.

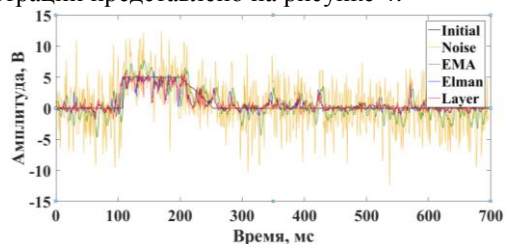


Рис. 4. Сравнение методов фильтрации

Сравнительные результаты ИКО метода ЭСС и метода НС представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение ИКО различных методов фильтрации

	ЭСС	Cascade	Feed Forward	Layer	Elman
ИКО	$1.44 \cdot 10^3$	264.6	280.99	294.5	258.9

### Заключение

В ходе данной работы была выявлена возможность использования нейронных сетей для фильтрации цифровых данных, что подтверждают представленные ранее графики и результаты. Однако существует проблема обучения нейронной сети, поскольку в реальных условиях нет возможности получить не зашумлённый (чистый) сигнал, в результате чего ошибка фильтрации нейронной сети должна увеличиться.

### Список использованных источников

1. Belyaev Alexander; Tutov Ivan; Butuzov Denis «Analysis of noisy signal restoration quality with exponential moving average filter», 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), 2016.
2. A S Belyaev; I A Tutov; S A Maykov «Analysis of noisy signal restoration quality with Lanczos filter»
3. C. J. Ran and Z. L. Deng, "Two average weighted measurement fusion Kalman filtering algorithms in sensor networks," in Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), 2008, pp. 2387–2391.
4. Болдырев С. В. «Фильтрация сигналов посредством вейвлет-преобразования в нейросетевых системах классификации образов» [Электронный ресурс] / disserCat – электронная библиотека диссертаций. – URL: <http://www.dissercat.com/content/filtratsiya-signalov-posredstvom-veivlet-preobrazovaniya-v-neirosetevykh-sistemakh-klassifik> (дата обращения 17.05.2017).
5. Le T.T. Mason J.S. «Artificial neural networks for nonlinear time-domain filtering of speech. IEE Proc on Vis Image Signal Processing», vol. 143, No 3, pp 149-154, 1996.
6. В. А. Волохов, А. А. Ипатов, А. Л. Приоров «Алгоритм фильтрации цифровых изображений на основе нейронной сети прямого распространения», 8-я научно-техническая конференция Техническое Зрение в системах управления-2017, 2017.

## СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ МАНИПУЛЯТОРА В MATLAB SIMULINK

Зуева С.В.

Беляев А.С.

Кафедра систем управления и мехатроники

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail:glaciemsz@gmail.com

### Введение

3D моделирование в виртуальной реальности применяется во всех сферах деятельности, где требуется работа с наглядным изображением объекта в трехмерном пространстве. С помощью программных пакетов, которые работают с построением трехмерных моделей, создание объектов любой сложности представляет собой кропотливую, но решаемую задачу. Объекты, созданные в таких программах, могут быть сколь угодно детализированы, это полностью зависит от того, какие процессы будут моделироваться в системе в будущем.

Целью данной работы является создание динамической трехмерной модели реального объекта. В качестве объекта был взят учебный манипулятор.

Для создания 3D модели манипулятора требуется пройти через два этапа. Первый этап: воспроизвести составные части манипулятора в пакете «Autodesk Inventor». Второй этап: объединить все части манипулятора в одну систему с помощью среды разработки «Matlab», задав при этом основные связи между ними для создания полноценной визуализированной динамической модели манипулятора.

### Создание трехмерной модели

Проектирование манипулятора с нуля является кропотливой и трудоемкой задачей, поэтому для виртуальной модели, в качестве объекта исследования, был выбран учебный манипулятор, предоставленный кафедрой СУМ. Он предназначен для выполнения сборочных операций и имеет пять степеней свободы. На основе этого реального объекта в пакете «Autodesk Inventor» была выполнена максимально детализированная модель.



Рис. 1. Учебный манипулятор

Каждая деталь манипулятора была выполнена

отдельно. Затем, в зависимости от принадлежности деталей к различным частям манипулятора, некоторые из них были объединены в сборки. Таким образом получилось семь основных частей манипулятора: основание ( $l_0$ ), включающее в себя блок мотора и некоторые крепежные части, подвижный блок, предназначенный для осуществления движений плеча, плечо ( $l_1$ ), подвижный блок, предназначенный для осуществления движений локтя, локоть ( $l_2$ ), кисть ( $l_3$ ) и части ее захвата. Все составные части манипулятора являются сборками и объединяют в себе несколько деталей. Такое упрощение в детализации модели требуется для простоты создания движения объектов относительно друг друга, а также упрощения сборки в программных пакетах, позволяющих создавать трехмерные симуляции объектов [1-3].

Примерами таких пакетов могут служить «Gazebo» и «Simulink». Их отличительной чертой является возможность создания трехмерных динамических моделей, как с помощью стандартных объектов, так и с помощью объектов, добавленных пользователем. Пакет «Gazebo», позволяющий моделировать робототехнические системы, интегрируется с программной платформой ROS (Robot Operating System), которая была специально создана для таких систем [4-5].

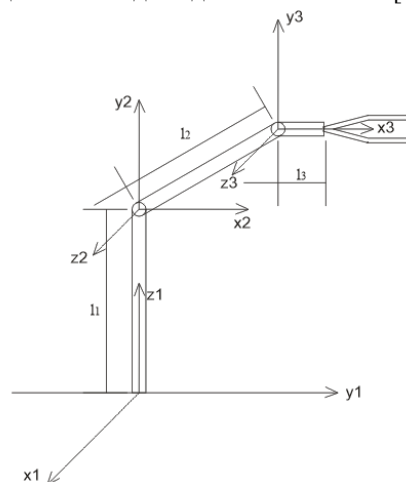


Рис. 2. Кинематическая схема манипулятора

В данной работе сборка модели была проведена в пакете «Simulink» среды разработки «Matlab». Блоки, входящие в состав библиотеки «SimMechanics», данного пакета, позволяют оперировать не сигналами модели, а ее механическими усилиями.

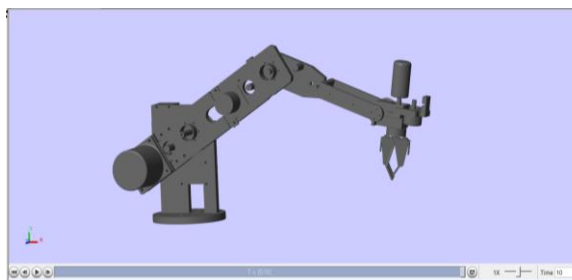


Рис. 3. Трёхмерная модель манипулятора в пакете «Simulink»

За счет этого достигается, как визуализация отдельных блоков, так и создание между ними стационарных и динамических связей [6].

Перенос основных частей манипулятора для работы в среде «Simulink» производится с помощью блоков «Solid», которые после конвертации файлов «Autodesk Inventor», создают твердотельные объекты. Каждое созданное в блоке «Solid» звено несет в себе информацию о положении данной части в пространстве и положения относительно предыдущего звена. Для изменения положения или вращения детали можно воспользоваться блоком «Rigid Transform». Он представляет собой декартову систему координат, в которой задается требуемое положение объекта.

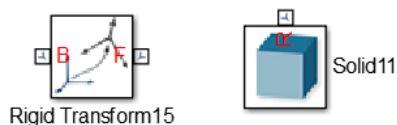


Рис. 4. Внешний вид блоков «Rigid Transform» и «Solid» из библиотеки «SimMechanics»

Последовательное построение схемы модели из представленных выше блоков, позволяют собрать полноценную стационарную модель. После визуализации ее можно увидеть и осмотреть со всех сторон в рабочем окне «Matlab».

#### Создание динамической модели

Динамическая модель создаётся на основе имеющейся статической модели. Так как манипулятор использует лишь вращательные движения для перемещения своих звеньев, то моделирование действий производится только на основе блоков типа «Revolute Joint». В настройках такого блока задаются угол, на который объект должен повернуться, ось, вокруг которой производится вращение, а так же требуемое усилие, коэффициент демпфирования и жесткость.

Блок «Revolute Joint» ведет себя как шарнир, позволяя задать движение плеча относительно основания, локтя относительно плеча, захвата относительно локтя и лапок относительно друг друга. Все движения производимые динамической моделью строятся на управлении блоками «Revolute Joint».



Рис. 5. Внешний вид блока «Revolute Joint» из библиотеки «SimMechanics»

Включение блоков движения в схему статической модели, позволяет звеньям манипулятора двигаться друг относительно друга. Подбор управляющих воздействий и углов вращения моделирует реальные действия учебного манипулятора.

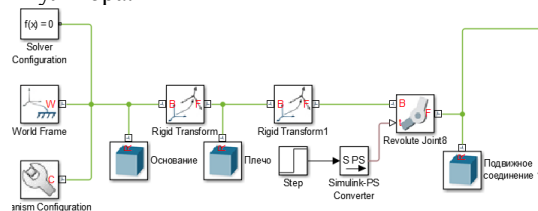


Рис.6. Часть схемы в «Simulink» для реализации динамической трёхмерной модели

#### Заключение

В результате работы была получена трёхмерная модель манипулятора, созданная на основе реального учебного манипулятора. Она отражает все основные динамические свойства реального объекта и позволяет на своей основе создавать и моделировать движения и различные режимы работы.

В будущем планируется на основе приведённой динамической модели решить обратную задачу с помощью метода Денавита-Хартенберга.

#### Список использованных источников

1. Клиначёв Н.В. Введение в дисциплину «Основы моделирования систем» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://model.exponenta.ru/lectures/sml\\_01.htm](http://model.exponenta.ru/lectures/sml_01.htm), свободный (дата обращения: 12.03.2017).
2. Козлов О.С., Кондаков Д.Е., Скворцов Л.М. и др. Программный комплекс для исследования динамики и проектирования технических систем // Информационные технологии. – 2005. – № 9.
3. Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Моделирование систем. Динамические и гибридные системы: учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 224 с.
4. Gazebo. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gazebosim.org/>, свободный (дата обращения: 25.05.2017).
5. Ros. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ros.org/>, свободный (дата обращения: 25.05.2017).
6. Дьяконов В.П. SIMULINK 4. Специальный справочник. – СПб., 2002. – 532 с.

## МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ «ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА» В УПРАВЛЕНИИ ТП: ИММИТАЦИОННЫЙ ТРЕНАЖЕР, ОПТИМИЗАЦИЯ ЧМИ

Бояринова А.С.

Научный руководитель: Тутов И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: pafnytikASB@yandex.ru

### Введение

Применение автоматизированных систем управления в нефтегазовой отрасли повышает эффективность производства и качество выпускаемой продукции. За счет обеспечения оптимального режима функционирования АСУ ТП снижаются потери материально-технических и топливно-энергетических ресурсов. Однако высокая надежность современного оборудования не гарантирует отсутствие аварийных ситуаций на производстве, причинами которых являются ошибки операторов, управляющих технологическими процессами.

Возможности человека связаны с его психофизиологическими особенностями, а также степенью профессиональной подготовленности к выполнению задачи управления технологическим процессом. Реакция и качество работы оператора ухудшаются при неблагоприятных воздействиях со стороны окружающей среды и нерациональной организации работ [1]. По разным источникам, «человеческий фактор» является причиной от 42% до 70% аварийных ситуаций на производстве. Помимо аварий ошибки операторов приводят к снижению качества продукции, незапланированным простоям оборудования и экологическому ущербу. Чтобы избавиться от негативного влияния человеческого фактора, при разработке АСУ ТП большинство процессов стараются перевести на автоматический режим работы, что сводит участие человека в процессе управления к минимуму. Казалось бы, что такой подход способен обеспечить снижение числа ошибочных действий операторов, и проблема «человеческого фактора» будет решена, однако статистика показывает, что это не так. Согласно исследованиям середины 90-х годов XX века, на каждую тонну перерабатываемой нефти приходится в среднем 0,505 долл. США потерь из-за ошибок оператора. Современный анализ дает поразительно близкий результат – 0,52 долл. [2]. Почему же тогда с развитием АСУ ТП показатели не улучшаются? В связи с этим британский инженер-психолог Л. Бэйнбридж сформулировал парадокс автоматизации, суть которого заключается в следующем: усложнение АСУ ТП ведет не к упрощению, а наоборот к усложнению деятельности оператора.

С одной стороны, современная автоматика позволяет избавить оператора от рутинной работы, но с другой, приводит к появлению все более сложных нештатных ситуаций, которые требуют от оператора эффективного и быстрого решения.

Таким образом, только увеличение уровня автоматического управления не способно решить

проблему негативного влияния человеческого фактора на производство. По этой причине становятся актуальны вопросы разработки имитационных тренажеров для предварительной подготовки и обучения операторов, а также применение на автоматизированных рабочих местах дружественных человеко-машинных интерфейсов (ЧМИ), учитывающих принципы ситуационного восприятия информации человеком.

### Базовые положения разработки

Главной целью применения тренажерных систем для предварительного обучения операторов является обеспечение безопасности персонала и снижение потерь материально-технических ресурсов. Помимо обучения тренажер позволяет проводить мониторинг и сбор статистических данных о процессе взаимодействия оператора с ЧМИ с последующим анализом полученных результатов.

На рисунке 1 представлена структура тренажера, к основным составляющим которого относятся: модель технологического процесса, информационная модель и методика тренинга.

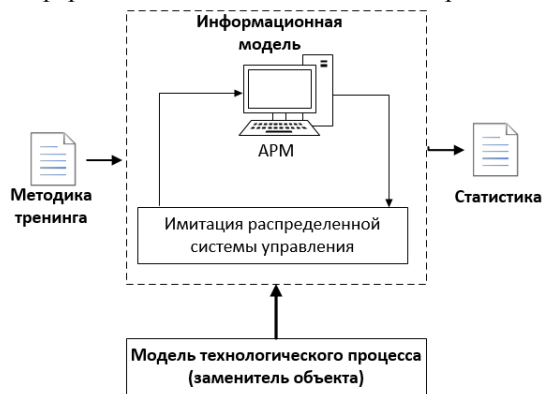


Рис. 1. Структура тренажера

Модель технологического процесса воспроизводит физические и химические преобразования, проходящие в объекте управления. В основе модели используются дифференциальные уравнения, описывающие тепловые, гидравлические, кинематические и изменения характеристик объекта.

Информационная модель имитирует трехуровневую АСУ. Данная модель должна точно воспроизводить работу реальной системы. Информационная модель тренажера разрабатывается при помощи специализированного программного обеспечения и моделирующих платформ, позволяющих создать тренажер без использования реального промышленного оборудования и эксплуатировать



его в режиме симуляции. Данный подход гарантирует высокую безопасность имитационного тренажера, а также отсутствие материальных потерь от выхода из строя оборудования в случае неверных или неаккуратных действий оператора.

Методика тренинга разрабатывается и согласовывается с заказчиком тренажерной системы. Общий принцип реализации методики следующий: после запуска тренажера на входы контроллера генерируются аналоговые и дискретные сигналы, имитирующие работу реальных датчиков. Изменения сигналов, поступающих с ПЛК отображаются на АРМ оператора, с которого осуществляется управления технологическим процессом. При этом в течении тренинга фиксируется реакция частей системы на действия обучающегося оператора.

Достоинством тренажерных систем является возможность проводить обучение в режиме реального времени, а также с замедлением или ускорением времени процесса, что актуально при воспроизведении процессов, длящихся от нескольких часов и более. Статистика, полученная в процессе обучения, позволяет провести анализ совершенных оператором ошибок и составить прогноз наиболее уязвимых мест системы управления. Данные статистики находят применение и в области оптимизация человеко-машинного интерфейса. На текущий момент не существует определенной методики проектирования мнемосхем, а желание разработчиков ЧМИ создавать интерфейсы по уже используемым образцам, тормозит развитие в области создания и внедрения на производстве эффективных ЧМИ. Неоптимальная мнемосхема осложняет работу оператора и может привести к появлению ошибок при управлении технологическим процессом.

Применение принципов ситуационного восприятия информации человеком [3] позволяет получать ЧМИ, снижающий негативное влияние «человеческого фактора» на процесс управления за счет своего дружественного интерфейса. На рисунке 2 представлен пример ЧМИ без учета особенностей восприятия визуальной информации человеком. Рисунок 3 иллюстрирует пример ЧМИ, разработанного с учетом принципов ситуационного восприятия.

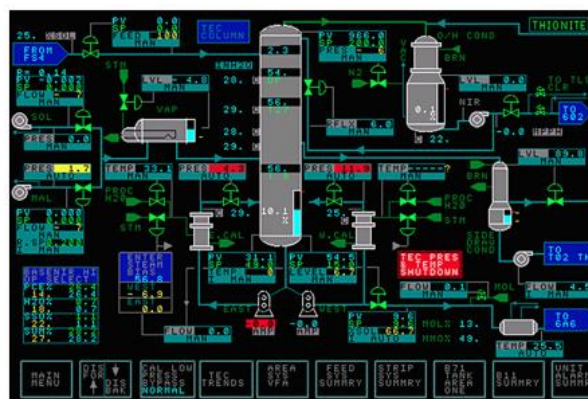


Рис. 2. ЧМИ без учета принципов ситуационного восприятия информации

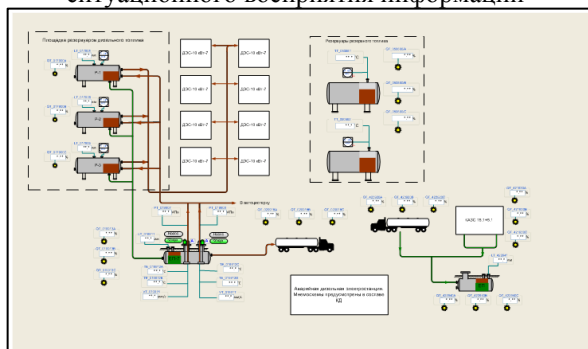


Рис. 3. ЧМИ, учитывающий особенности восприятия визуальной информации человеком

#### Заключение

За счет снижения уровня аварийности по причине человеческого фактора тренажерные системы полностью окупают затраты на свою разработку. Применении тренажеров для обучения операторов и оптимизация человеко-машинных интерфейсов является эффективным способом повышения надежности взаимодействия человека с технологическим объектом и улучшения качества продукции.

#### Список использованных источников

1. Роль человеческого фактора в техногенной безопасности техносциальных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.sale/risk-menedjment-knigi/rol-chelovecheskogo-faktora-tehnogennoy-53375.html> (дата обращения 10.06.2017).
2. Компьютерный тренинг операторов: непреходящая актуальность, новые возможности, человеческий фактор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/282816519\\_Komputernyj\\_trening\\_operat\\_rov\\_neprehodasaa\\_aktualnost\\_novye\\_vozmoznosti\\_celoveceskij\\_faktor](https://www.researchgate.net/publication/282816519_Komputernyj_trening_operat_rov_neprehodasaa_aktualnost_novye_vozmoznosti_celoveceskij_faktor) (дата обращения 13.06.2017).
3. Краевски Д. Ситуационное восприятие. Новый подход к дизайну человеко-машинных интерфейсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.wonderware.ru/pdf/Wonderware\\_WhitePaper\\_TheNextLeapInHMISituationalAwareness\\_ru\\_0314.pdf](http://www.wonderware.ru/pdf/Wonderware_WhitePaper_TheNextLeapInHMISituationalAwareness_ru_0314.pdf) (дата обращения 09.06.2017).



## КОНСТРУИРОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО КАТЕТЕРНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДОСТАВКИ ИНСТРУМЕНТА ВНУТРЬ РАБОТАЮЩЕГО СЕРДЦА

Колпашиков Д.Ю., Шеломенцев Е.Е.

Научный руководитель: Гергет О.М.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики

dyk1@tpu.ru

### Введение

Кардиальная катетеризация является минимально инвазивной процедурой, выполняемой путем введения трубки катетера через небольшой разрез в бедренную вену и продвижения катетера через вену в сердце. Во время этой интервенционной процедуры цель состоит в том, чтобы достичь определенных мест в сердце и осуществить коррекцию некоторых сердечных патологий на работающем сердце без применения искусственного кровообращения.

На данный момент эндоваскулярная техника не позволяет обеспечить выполнение всего спектра операций, проводимых в настоящее время только на открытом сердце, ввиду определённых недостатков существующих катетерных систем:

1. Число степеней свободы для стандартного катетера ограничено, так как оно может только вращаться и проскальзывать через проколотую точку в артерии [1]. Современные роботизированные катетерные системы (Hansen Medical, Stereotaxis, Boston Scientific, Magnetecs) позволяют осуществлять более точную навигацию катетера к цели, однако при этом также используются традиционные гибкие катетеры, что лишает оператора возможности выполнять сложные и точные манипуляции на движущихся тканях-мишенях (захват, разделение и соединение ткани), что необходимо для реконструктивных операций.

2. Применяемые стандартные катетеры обладают минимальной жесткостью, что необходимо для предотвращения повреждения стенок сосудов и сердца при прохождении катетера от точки входа в периферическом сосуде до конечной цели. Такие конструкционные

ограничения приводят к невозможности приложения достаточного механического воздействия на ткань, особенно в боковом направлении от оси катетера.

Эти ограничения не позволяют хирургу осуществлять удаление участка ткани, абляцию высокоподвижной ткани, соединение ткани, пликацию и проч. – прецизионные манипуляции, необходимые для выполнения реконструктивных вмешательств.

Таким образом, была поставлена задача разработать конструкцию универсального катетерного устройства, способного доставлять и эффективно использовать хирургические инструменты внутри камер работающего сердца.

### Конструкция дистального конца

Представленная на рис. 1 конструкция катетера, представляет собой толстостенную трубку с внешним диаметром 21Fr (7мм) и транспортным каналом 1 диаметром 9Fr (3 мм) для доставки инструмента. Внешний диаметр катетера с учетом оболочки 5 не более 24Fr (8 мм). Конструкция устройства доставки должна обеспечить возможность подвести инструмент, перемещаемый сквозь катетер через транспортный канал 1, в требуемое положение внутри сердца. Способность катетера достигать труднодоступные места обеспечивается с помощью двух плеч изгиба. Первое плеча контролируется четырьмя нитями 6, проходящими по каналам 4, второе нитями 6, проходящими по каналам 3. Четыре нити в каждом из плечей дают возможность перемещать катетер в четырех направлениях, а их комбинации способны перемещать катетер в пространстве без необходимости вращения проксимальной базы.

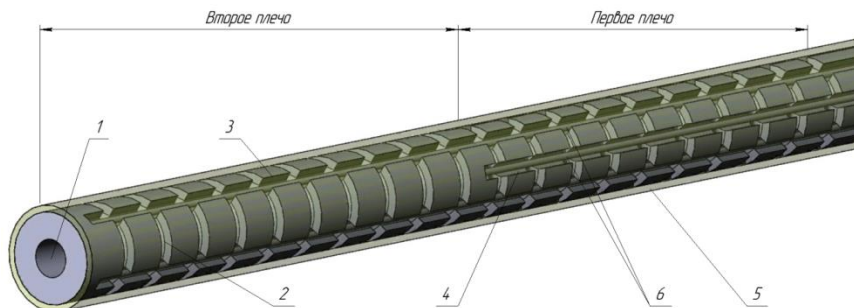


Рис 1. Конструкция дистального конца катетера

Катетер разделен на сегменты различной длины проточками 2, которые работают на изгиб как гибкие сферические шарниры [2]. Различные

длины сегментов катетера дают возможность отойти от традиционной формы согнутого катетера

в виде сектора круга и подобрать оптимальную и более сложную формы изгиба.

### Математическая модель прямой кинематики

Для успешного проведения внутрисердечных операции важны итоговое положение кончика катетера и его ориентация в пространстве. Так же необходимо определить координаты каждого сегмента для того чтобы избежать нежелательного взаимодействия с тканями. Чтобы определить положение каждого сегмента нужно найти зависимость координат сегментов от углов изгиба.

При изгибе и/или кручении любого плеча сферические шарниры будут совершать поворот одновременно. Тогда для каждого сегмента можно определить зенитный угол  $\theta_i$  и угол закручивания  $\alpha_i$  как

$$\alpha_i = \alpha/N,$$

$$\theta_i = \theta_j/N_j,$$

где  $N_j$  – количество сегментов  $j$ -ого плеча,  $N$  – общее количество сегментов в катетере.

Значений этих углов и длин сегментов  $L_i$  достаточно чтобы определить координату любого сегмента катетера.

Разработана математическая модель кинематики катетера. В ней положение катетера определяется в зависимости от зенитных и азимутальных углов изгиба плечей катетера. Также для того чтобы сделать модель более универсальной в неё включена возможность закручивания, которое присутствует в некоторых моделях ручных катетеров. Модель может быть легко модифицирована под различные длины сегментов.

Таблица 1. Входные параметры математической модели.

Название	Условное обозначение
Зенитные углы	$\theta_1, \theta_2$
Азимутальные углы	$\varphi_1, \varphi_2$
Угол закручивания	$\alpha$
Количество сегментов	$N$
Длина $i$ -ого сегмента	$L_i$

В ходе составления модели были использованы кватернионы, так как они проще в использовании и более эффективны, чем матрицы вращения [3]. Они позволят совершать поворот вокруг произвольной оси, что является большим преимуществом, поскольку положение осей, вокруг которых совершают изгиб или закручивание сегмент, зависят положения предыдущего элемента катетера.

Результаты моделирования программном пакете MathCad представлены на рис 2.

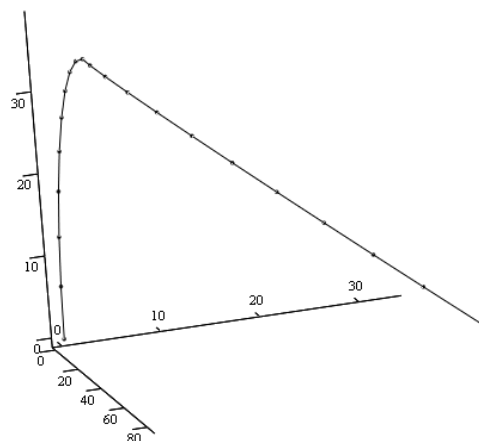


Рис. 2. Нейтральная ось дистального конца катетера ( $\theta_1 = 90^\circ, \theta_2 = 90^\circ, \varphi_1 = 0, \varphi_2 = 45^\circ, \alpha = 0$ ).

### Заключение

В ходе работы была разработана конструкция дистального конца катетерного устройства доставки. Разработана математическая модель кинематики для расчета положения катетера. За счет простоты модификации модель быть использована для любого другого роботизированного катетера.

Работа выполнена в рамках государственного задания Наука (тема «Моделирование и алгоритмизация процессов обработки, анализа и репрезентации графических данных в режиме реального времени для проведения эндоваскулярных операций на сердце», № 17.8205.2017/БЧ)

### Список использованных источников

1. Ataollahi A. et al. Three-Degree-of-Freedom MR-Compatible Multisegment Cardiac Catheter Steering Mechanism //IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2016. – Т. 63. – №. 11. – С. 2425-2435.
2. Ghosh A., Corves B. Introduction to Micromechanisms and Microactuators. – Springer, 2015. – Т. 28.
3. Челноков Ю. Кватернионные и бикватернионные модели и методы механики твердого тела и их приложения. Геометрия и кинематика движения. – Litres, 2017.

## ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВ РАНЖИРОВАНИЙ И ИРАНЖИРОВАНИЙ С УЧЕТОМ СВОЙСТВ СЛАБЫХ ПОРЯДКОВ КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ ДАННЫХ

Емельянова Е.Ю.

Научный руководитель: Муравьев С.В., кафедра СУМ  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
zeta@tpu.ru

### Введение

Процедура комплексирования данных предполагает объединение данных различной природы происхождения, полученных от нескольких источников или измеренных разными средствами измерений с целью формирования более полного и объективного представления об анализируемом объекте. Комплексированные данные обладают различными свойствами исходных данных, соответственно совместный анализ и обработка могут оказаться весьма трудоемкими и вызывать ряд сложностей. Целесообразно применение метода *агрегирования предпочтений* на множестве  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  и нахождение единственного отношения предпочтения  $\beta$ , ранжирование консенсуса, обеспечивающего наилучший компромисс между ранжированиями *исходного профиля предпочтений*  $\Lambda$ . Ранжирование  $\lambda$ , являясь бинарным отношением, позволяет выразить отношения предпочтения оцениваемых параметров или элементов в виде цепочки  $\lambda = (a_1 \phi a_2 \phi \dots \sim a_s \sim a_i \phi \dots \sim a_n)$ . Это отношение обладает свойствами, определяющими наличие отношений строгого порядка  $\phi$  ( $a_i \phi a_j$ ) и отношений безразличия  $\sim$  ( $a_i \sim a_j$ )  $m$  ранжирований из  $n$  элементов, образующих *профиль предпочтения*  $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$ , а именно:

1. рефлексивность ( $a_i \lambda a_i$  для любых  $a_i \in A$ );
2. транзитивность (для всех  $i, j, k$  из  $a_i \lambda a_j$  и  $a_j \lambda a_k$  следует  $a_i \lambda a_k$ );
3. полнота (для любых  $a_i, a_j \in A$  выполняется либо  $a_i \lambda a_j$ , либо  $a_j \lambda a_i$ ).

Анализируемый исходный профиль предпочтений строится на основе интервальных данных. Учитывая тот факт, что каждый *интервал*  $\{I_k\}$ ,  $k = 1, \dots, m$ , на вещественной числовой оси может быть представлен отношением слабого порядка на множестве  $A$  принадлежащих соответствующим интервалам дискретных значений, является объединением двух непересекающихся подмножеств:

1. подмножество  $A_k = \{a \mid a \in I_k, a \in A\}$ , включающего все те элементы  $A$ , которые принадлежат интервалу  $I_k$ ;
2. подмножество – дополнение:  $\bar{A}_k = \{a \mid a \notin I_k, a \in A\}$ , включающего все остальные элементы  $A$ , т.е.  $A = A_k \cup \bar{A}_k$ ,  $A_k \cap \bar{A}_k = \emptyset$ ,  $k = 1, \dots, m$  [3].

*Иранжирование* – это ранжирование  $\lambda_k$ , наведенное интервалом  $I_k$ , удовлетворяющее следующим

условиям при  $i, j = 1, \dots, n$ :

1.  $a_i \in A_k \wedge a_j \notin A_k \Rightarrow a_i \phi a_j$ ;
2.  $a_i, a_j \in A_k \vee a_i, a_j \notin A_k \Rightarrow a_i \sim a_j$ ;
3.  $a_i \notin A_k \wedge a_j \in A_k \Rightarrow a_i \pi a_j$ ;
4.  $a_i, a_j \in A_k$ , соседние натуральные числа  $\Rightarrow j \equiv i + 1$ .

Нарушение условия (4) приводит к существованию *запрещенных ранжирований*, для которых, при этом, выполняются условия (1 – 3).

Пространство ранжирований и подпространство иранжирований (рисунок 1) определяются их свойствами (1 – 3, 1 – 4) и образуются конгруэнтно, передавая свойства предыдущего состояния последующему, как при переходе из  $\check{Y}^3$ -пространства в  $\check{Y}^4$ . Каждое из предыдущих пространств располагается в последующем, непустые подпространства (точки, прямые, плоскости и т.д.) получаются из линейных подпространств параллельным переносом [2]. Это свойство позволяет переходить от одного графического изображения к другому, от простого к сложному с увеличением  $n$  (рисунок 1).

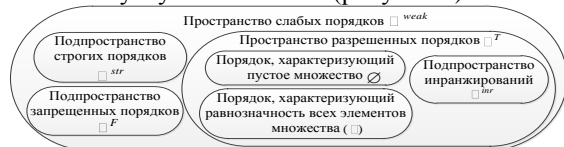


Рис. 1. Пространство слабых порядков

Структура пространства слабых порядков  $\check{Y}^{weak}$  задается комбинациями соответствующих им строгих порядков. Количество слабых порядков определяется по формуле:

$$P_{weak} = \sum_{n=0}^{n-1} (S_{n,k} \cdot k!) \quad (1)$$

где  $n$  – количество элементов множества  $A$ ;  $S_{n,k}$  – числа Стирлинга 2-го рода – количество неупорядоченных разбиений  $n$ -элементного множества на  $k$ -непустых подмножеств.

Структура подпространства исходных строгих порядков  $\check{Y}^{str}$  для найденного отношения консенсуса  $\beta$  задается множеством всех  $n!$  линейных отношений на  $A$ , которые получаются перестановкой первых натуральных чисел  $N_n = \{1, 2, \dots, n\}$ , что в свою очередь соответствует перестановке строк и столбцов матрицы профиля предпочтений  $\Lambda$   $m$  ранжирований из  $n$  элементов при определении наилучшего значения  $a_i$  в ранжировании консенсуса  $\beta$ .

Количество строгих порядков определяется по формуле:

$$P_n = n! \quad (2)$$

Структура подпространства отдельного инранжирования  $\check{Y}^{inr}$  определяется следующим неравенством:

$$\lambda_k \in \bigcup_{j=0}^{n-1} \left\{ \bigcup_{i=1}^{n-j} \{a_{i+j}\} \right\} f \left( A_k \setminus \bigcup_{i=1}^{n-j} \{a_{i+j}\} \right) \quad (3)$$

Неравенство (3) определяет для каждого  $\lambda_k$  - инранжирования  $(n-2)$ -отношений безразличия трактуемого как эквивалентность  $(:)$  и *единственное* отношение строгого порядка  $(f)$  между рассматриваемыми элементами двух классов эквивалентности соответствующих подмножеств  $A_k$  и  $\bar{A}_k$ , при чем элементы подмножества  $A_k$  строго предпочитают элементам его дополнения  $\bar{A}_k$ , т.е. всегда  $A_k f \bar{A}_k$ . Каждое  $k$ -е инранжирование характеризуется *мощностью* и *спектром*, который может быть задан как строгими порядками, так и соответствующими слабыми порядками. Количество разрешенных слабых порядков для  $n$ -элементного множества определяется *треугольным числом*  $T$ :

$$T_n = n(n+1)/2$$

(4). Согласно неравенству (3) и формуле (4) отношение полной эквивалентности, характеризующее равнозначность всех рассматриваемых  $n$ -элементов и пустое множество  $(\emptyset)$  соответствуют условиям (1–4) и входят в число разрешенных ранжирований, однако анализируя их свойства [4], следует выделить их как самостоятельные объекты пространства.

Из-за кратного увеличения числа всех перестановок порядка  $n$ , формула (2), и соответствующего увеличения размерности пространства  $\check{Y}^d$  ( $d$  обозначается размерность пространства) проблема выбора адекватной геометрической формы для графического представления перестановок выражается тем сильнее, чем больше  $n$ . Подпространства инранжирований размерностей 0, 1, 2 и  $d-1$  в  $\check{Y}^d$  проявляются в качестве *точки*, *прямой*, *плоскости* и *гиперплоскостями* соответственно, что графически представлено на рисунке 2.

Геометрия многогранников, есть геометрия самого пространства  $\check{Y}^d$ , а размерность многогранника можно охарактеризовать размерностью его оболочки. В  $\check{Y}^3$ -пространстве классификация правильных многогранников дает пять хорошо известных платоновых тел [1]. Однако согласно ограничениям по структуре инранжирований для графического представления  $\check{Y}^{str}$  и  $\check{Y}^{inr}$  будем использовать *перестановочный многогранник* порядка  $n$  – это  $(n-1)$ -мерный выпуклый многогранник, вложенный в  $n$ -мерное евклидово пространство, который является

выпуклой оболочкой всех  $n!$  точек, получающихся перестановками координат вектора  $(1, 2, 3, \dots, n)$ .

Согласно существующей классификации правильных архимедовых тел для корректного отображения пространства для  $n=4$  подходит только один высоко симметричный полуправильный выпуклый многогранник – *усечённый октаэдр* (рисунок 2, г). Трёхмерное пространство можно считать частью модели четырехмерного пространства, однако следует отметить, что геометрия тел в  $\check{Y}^4$  гораздо сложнее, чем в  $\check{Y}^3$ . В  $\check{Y}^3$  многогранники ограничены двумерными многоугольниками (гранями), соответственно в  $\check{Y}^4$  существуют 4-многогранники, ограниченные 3-многогранниками (рисунок 2, д) [1].

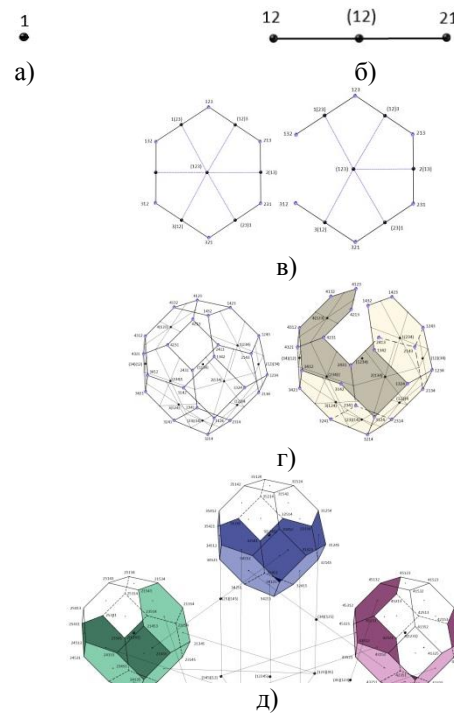


Рис. 2. Графическое представление пространств ранжирований и инранжирований для а)  $n=1$  (а);  $n=2$ ; в)  $n=3$ ; г)  $n=4$ ; д)  $n=5$  (рис.усеченный)

#### Список использованных источников

1. Портал Википедия. Статья «Четырёхмерный многогранник». <http://ru.wikipedia.org/?oldid=83639255>
2. Циглер Г. М. Теория многогранников / Пер. с англ. под ред. Н. П. Долбилина. – М.: МЦНМО, 2014. – 568 с.
3. Худоногова Л. И. Комплексирование интервальных измерительных данных методом агрегирования предпочтений: диссертация на соискание ученой степени к.т.н. <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/43197>
4. Портал Википедия. Статья «Пустое множество». <http://ru.wikipedia.org/?oldid=88146288>



## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКТИВНОГО МАГНИТНОГО ПОДВЕСА

Камышникова О.С.

Научный руководитель: Тутов И.А.

Томский политехнический университет

osk13@tpu.ru

### Введение

В настоящее время стремительно развивается машиностроение, станкостроение и авиация. Поэтому возникает вопрос об увеличении КПД в двигателях в данных отраслях с наименьшими механическими потерями.

Главным решением становится использование активных магнитных подшипников, которые основаны на активных магнитных подвесах.[3]

Цель работы: получение математической модели активного магнитного подвеса для дальнейшей разработки системы управления им.

### Описание основной части

Необходимо схематично изобразить устройство активного магнитного подвеса и расставить силы, действующие на него. Устройство для получения математической модели изображено на рис.1.

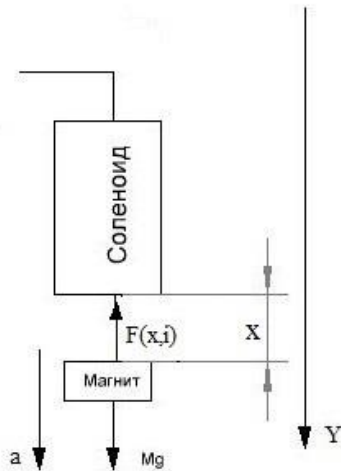


Рис.1. Схема для вычисления математической модели

Согласно второму закону Ньютона: сумма всех сил, действующих на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой суммой ускорение.[1,4]. Как видно, из рис.1 на магнит действует магнитная сила ( $F(x(t), I(t))$ ) и сила притяжения ( $mg(t)$ ).

Следует составить уравнение равновесия системы. Для этого равнодействующая всех сил должна быть равна 0. В соответствии с проекцией на ось y:

$$m \cdot a(t) = F(x(t), I(t)) - m \cdot g(t) \quad (1)$$

Так как в дальнейшем необходимо учесть изменение координаты, то при

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt}, v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \Rightarrow a(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2},$$

$$\text{поэтому } m \frac{d^2x(t)}{dt^2} = F(x(t), I(t)) - mg(t).$$

Для получения второго уравнения рассмотрен процесс возникновения магнитного поля в простейшем электромагните. (Рис.2)

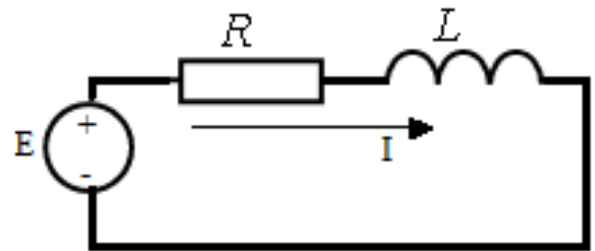


Рис.2. Электрическая цепь рассматриваемой системы

После включения обмотки, приложенное к ней напряжение источника E уравнивается с активным падением напряжения и противоЭДС самоиндукции. На основании второго закона Кирхгофа записано следующее уравнение:

$$E(t) = I(t) \cdot R - \frac{LdI(t)}{dt} + \frac{dE_{\psi}(t)}{dt} \quad (2)$$

Во время передвижения постоянного магнита наводится дополнительная ЭДС  $\frac{dE_{\psi}(t)}{dt}$ , так как

магнитный поток пересекает витки катушки.[2] В ходе проведенных экспериментов установлено, что сила тока катушки незначительно зависит от наведенной ЭДС, поэтому для инженерных расчетов можно пренебречь ее величиной.

Отсюда получена система уравнений:

$$\begin{cases} E(t) = I(t) \cdot R - \frac{LdI(t)}{dt} \\ m \frac{d^2x(t)}{dt^2} = F(x(t), I(t)) - m \cdot g(t) \end{cases} \quad (3)$$

В системе уравнений (3) неизвестной остается величина магнитной силы (появление данной силы обеспечивается протеканием тока через катушку), магнитная сила зависит от тока и координаты удаления ОУ от электромагнита (на основании



уравнения (1)). Были проведены исследования необходимых зависимостей.

Суть эксперимента заключается в следующем, катушка закреплена статично, на нее подается одно значение тока, начиная с 0,4 А и проводятся наблюдения изменения координаты тела в момент его притягивания, для этого берем тела различных масс. Полученные величины взяты в виде трех массивов (масса, координата и ток) и построена поверхность с помощью утилиты пакета MatLAB – Surface Fitting Tool. (Рис.3)

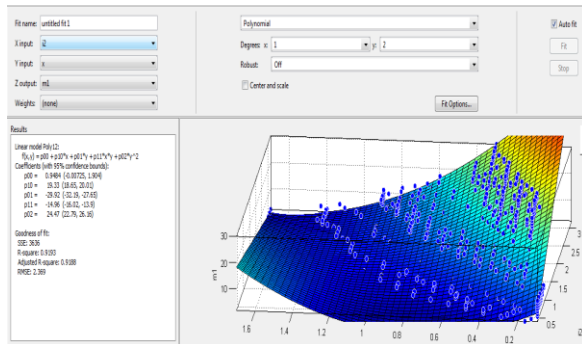


Рис.3. Поверхность для получения необходимых зависимостей

Данная утилита позволяет построить поверхность по трем массивам и вывести автоматически полиномом данной поверхности:

$$F(I, x) = p_{00} + p_{10} \cdot I + p_{01} \cdot x + p_{11} \cdot Ix + p_{02} \cdot x^2. \quad (4)$$

На основании системы уравнений (3) и с учетом полученного полинома (4) построена операторно-структурная схема объекта управления.[5] (Рис.4)

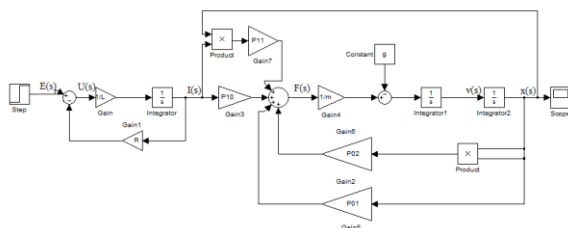


Рис.4 OCC объекта управления

Синтез САП для данной структуры системы управления является достаточно сложной задачей, так как система является нелинейной, поэтому для ее решения проведена линеаризация в конкретной рабочей точке ( $I=2A$ ,  $x=0,6$  см,  $m=13$  г):

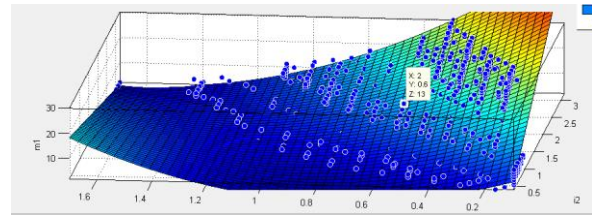


Рис.5. Линеаризация поверхности в конкретной точке

Также автоматически получен полином для конкретной точки:

$$F(I(t), x(t)) = 0.94 + 19.33g(t) + 29.92gx(t), \quad (6)$$

где  $p_{10} = 19.33$ ,  $p_{01} = 29.92$ .

На основании системы уравнений (5) и уравнения (6) получены передаточные функции системы и построена операторно-структурная схема.

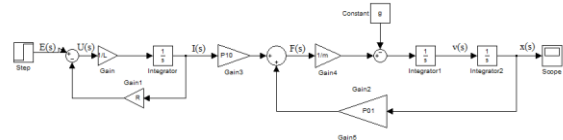


Рис.6. OCC после проведения линеаризации

## Заключение

Полученная математическая модель активного магнитного подвеса помогла построить операторно-структурную схему, по которой необходимо провести анализ устойчивости системы и выбор и настройку регулятора для разрабатываемой системы управления.

## Список использованных источников

1. Т.И. Трофимова Курс физики: Уч. пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 560с.
2. Сила тяги электромагнитов [Электронный ресурс]. – URL: <http://electrono.ru/elektrotehnicheskaya-apparatura/sila-tyagi-elektromagnitov> (Дата обращения: 02.02.2017)
3. Камышникова О.С., Тутов И.А. // Магнитная левитация (активный магнитный подвес). Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и современные информационные технологии». Томск. 7-11 ноября 2016. - Томск: ТПУ. 2016.
4. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики (в трех томах): Учебное пособие. – М.: Высшая школа. 1979 – 511 с.
5. Малышенко А.М. Математические основы теории систем: Учебник для вузов. – Томск: ТПУ, 2008. – 364 с.

## РАЗРАБОТКА БЕЗДАТЧИКОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ПОСРЕДСТВОМ ОЦЕНКИ ПОЛНОГО ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИГМА-ТОЧЕЧНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА

А.Ю. Зарницын, С.В. Леонов  
Фёдоров Д.Ф., Сидорова А. А.  
Томский политехнический университет  
ayz10@tpu.ru

### Аннотация

На сегодняшний день наиболее популярно становится применение синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ). Применение СДПМ обосновывается наличием явных преимуществ, таких как: отсутствие коллекторно-щеточного узла, отсутствие потерь на перемагничивание, наличие высоких моментных характеристик на всём диапазоне скоростей.

В работе будут кратко рассмотрен метод управления такими приводами на основе бездатчиковой системы.

### Алгоритм бездатчикового управления

Применение бездатчиковой системы управления синхронными приводами с постоянными магнитами обусловлено невозможностью физически установить датчик положения.

Для того, чтобы понять принцип оценки наблюдателем вектора состояния, опишем математически сам синхронный двигатель с постоянными магнитами.[1]

Уравнение напряжений статорной обмотки электродвигателя имеет следующий вид

$$\bar{U} = \bar{I}R_s + \frac{d\bar{\psi}_s}{dt}, \quad (1)$$

где  $\bar{U}$ ,  $\bar{I}$ ,  $\bar{\psi}_s$  - мгновенные значения напряжения, тока и потокосцепления статора,  $R_s$  - активное сопротивление статора.

Потокосцепление статорной обмотки определяется соотношением

$$\bar{\psi}_s = L_s \bar{I} + \bar{\psi}, \quad (2)$$

где  $\bar{\psi}$  - потокосцепление статора с магнитным полем ротора. Тогда уравнение (1) примет вид

$$\bar{U} = \bar{I}R_s + L_s \frac{d\bar{I}}{dt} + \frac{d\bar{\psi}}{dt}. \quad (3)$$

Уравнение (3) представляет собой векторную запись, для перехода к скалярной форме запишем проекцию этого уравнения на неподвижные оси  $\alpha$  и  $\beta$

$$\begin{aligned} u_\alpha &= i_\alpha R_s + L_s \frac{di_\alpha}{dt} + \frac{d\psi_\alpha}{dt} \\ u_\beta &= i_\beta R_s + L_s \frac{di_\beta}{dt} + \frac{d\psi_\beta}{dt}. \end{aligned} \quad (4)$$

Скалярные значения напряжений и токов по осям  $\alpha$  и  $\beta$  получается по измеренным фазным значениям через координатные преобразователи.

Тогда решение уравнений (4) относительно

$\psi_\alpha$  и  $\psi_\beta$  будет иметь вид

$$\begin{aligned} \psi_\alpha &= \int (u_\alpha - i_\alpha R_s) dt - i_\alpha L_s \\ \psi_\beta &= \int (u_\beta - i_\beta R_s) dt - i_\beta L_s. \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда оценку углового положения ротора можно определить следующим образом

$$\varphi = \arctg\left(\frac{\psi_\beta}{\psi_\alpha}\right). \quad (6)$$

Чтобы в системе управления возможно было использовать обратную связь по состоянию, необходимо восстановить вектор состояния системы, недоступный для измерения. Восстановление вектора состояния называется его оценкой, а устройства, формирующие на выходе вектор оценки состояний, а также позволяющие отделить полезный сигнал от помех, наблюдателями (идентификаторами, фильтрами). Описанные выше уравнения позволяют настроить наблюдатель таким образом, что он восстанавливает вектор состояния системы. Восстановленный вектор позволяет максимально корректно выполнять управление электродвигателем.

Представленный метод оценки углового положения вала основан на предположении, что модель двигателя линейна, это предположение верно только в том случае если двигатель вошёл в синхронизм.

Если требуется знать оценку скорости на протяжении всего времени работы СДПМ, то возникает потребность ввести наблюдатели для нелинейных систем. В этом случае можно воспользоваться расширенным фильтром Калмана (ЕКФ) или сигма – точечный фильтр Калмана. В дальнейшем под фильтром мы будем понимать не только как инструмент, который позволяет адекватно выделить полезную составляющую из сигнала, но и позволит оценивать вектор состояния

системы, так как в случае фильтрации Калмана структура устройства в первом и втором случае одинакова.

Фильтр Калмана является наиболее распространённым инструментов оценки и отслеживания параметров модели, и её вектора состояния.

#### Расширенный фильтр Калмана (EKF)

Как и в линейной оценки параметров посредством фильтра Калмана базовой основой является оценка параметров, только для нелинейной дискретной системы уравнение динамики которой в общем виде выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{k+1} &= F(\mathbf{x}_k, \mathbf{v}_k) \\ \mathbf{y}_k &= H(\mathbf{v}_k, \mathbf{n}_k) \end{aligned}$$

где  $\mathbf{x}_k$  - ненаблюдаемый вектор состояния системы,  $\mathbf{y}_k$  - наблюдаемы выход системы,  $\mathbf{v}_k$  - шумы которые возникают в динамической системе,  $\mathbf{n}_k$  - шумы при измерении сигнала.

Основная структура оценки вектора состояния представлена в виде

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{x}}_k &= \hat{\mathbf{x}}_k^- + \mathbf{K}_k (\mathbf{y}_k - \mathbf{y}_k^-) \\ \hat{\mathbf{x}}_k^- &= E[F(\hat{\mathbf{x}}_{k-1}, \hat{\mathbf{v}}_{k-1})] \\ \mathbf{K}_k &= \mathbf{P}_{x_k y_k} \mathbf{P}^{-1}_{y_k y_k} \tilde{\mathbf{y}}_k \\ \hat{\mathbf{y}}_k^- &= E[H(\hat{\mathbf{x}}_k^-, \mathbf{n}_k)], \end{aligned} \quad (7)$$

где  $\hat{\mathbf{x}}_k^-$  - оценка текущего значения вектора состояния которая соответствует математическому ожиданию нелинейной функции  $F(\hat{\mathbf{x}}_{k-1}, \hat{\mathbf{v}}_{k-1})$ ,  $\mathbf{K}_k$  - оптимальный коэффициент усиления Калмана который есть произведение ковариационных матриц ( $\tilde{\mathbf{y}}_k = \mathbf{y}_k - \hat{\mathbf{y}}_k$ ).

По формулам (7) расчёты параметров будет происходить точно в случае линейных систем, если модель нелинейна, то формулы (7) будут аппроксимированы до вида

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{x}}_k^- &= F(\hat{\mathbf{x}}_{k-1}, \bar{\mathbf{v}}) \\ \mathbf{K}_k &= \mathbf{P}_{x_k y_k} \mathbf{P}^{-1}_{y_k y_k} \tilde{\mathbf{y}}_k \\ \hat{\mathbf{y}}_k^- &= H(\hat{\mathbf{x}}_k^-, \bar{\mathbf{n}}), \end{aligned}$$

то есть значения вычисляются как функции предыдущих средних значений.

Иными словами, в расширенном фильтре Калмана распределение значений аппроксимируется функцией распределения Гаусса. Эти приближения могут привести к истинным ошибкам в апостериорных значениях матрицы ковариации, что может привести к ложным оптимальным результатам или к

расхождению фильтра. Эти нюансы можно разрешить применяя сигма – точечный фильтр Калмана (UKF).

#### Сигма – точечный фильтр Калмана (UKF)

В сигма-точечном фильтре Калмана распределение параметров определяющих состояние системы также представлено распределение Гаусса, однако это распределение задаётся минимальным набором тщательно выбранных точек выборки. Эти точки выборки полностью отображает истинное значение ковариации и среднего. В UKF применяется метод вычисления статистических характеристик случайной величины (размерности N), которая проходит через нелинейную систему.

Анализ работ [2] показал, что сигма – точечный фильтр Калмана даёт наилучший результат, это представлено на рисунке 1 на примере уравнения Макки-Гласса. Из вышесказанного следует, что для проектирования наблюдателя у СДПМ на всех режимах его работы можно применить сигма – точечный фильтр Калмана.

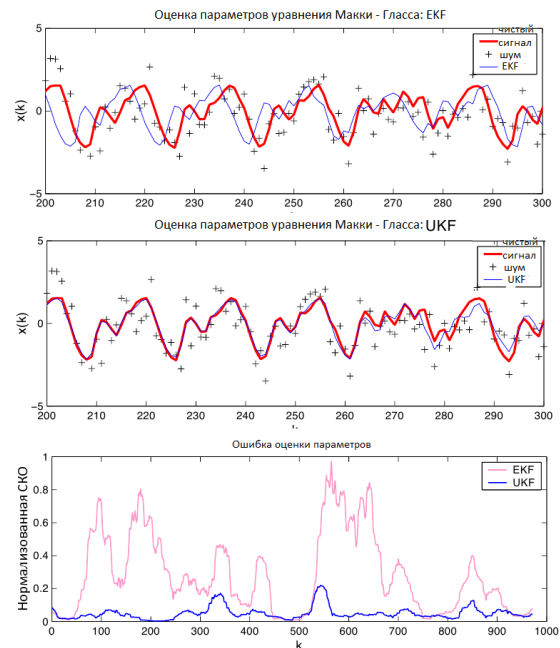


Рис.1. Результат работы сигма-точечного фильтра Калмана

#### Список использованных источников

1. Букреев В.Г., Леонов С.В., Богданов А.А., Чарухин А.Г. Некоторые вопросы моделирования бесконтактных двигателей постоянного тока с распределенными обмотками // Депонированная рукопись, № 1075-B2003, 02.06.2003
2. The Unscented Kalman Filter for Nonlinear Estimation Oregon Graduate Institute of Science & Technology 20000 NW Walker Rd, Beaverton, Oregon 970

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОСКЕЛЕТА КОЛЕННОГО СУСТАВА С ВЕНТИЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

М. Н. Николенко, Д. А. Котин

Новосибирский государственный технический университет  
kinik33@mail.ru

### Введение

*Экзоскелет* (от греч.  $\varepsilon\chi\omega$  – внешний и  $\sigma\kappa\epsilon\lambda\epsilon\tau\omicron\varsigma$  – скелет) – устройство, предназначенное для восполнения утраченных функций, увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движений за счет внешнего каркаса и приводящих элементов [1].

Для медицинских экзоскелетов был предложен модульный принцип построения, предполагающий создание локальных активных (снабженных приводом) и пассивных экзоскелетов для каждого сустава [2]. Такой принцип построения дает возможность подбирать конфигурацию экзоскелета в зависимости от вида патологии пациента, варьируя параметрами масса, функциональность и цена для каждого отдельного случая. В данной работе рассматривается возможность применения вентильного электропривода в электромеханическом узле коленного сустава.

### Электромеханический узел экзоскелета коленного сустава

Устройство рассматриваемого экзоскелета приведено в работе [2].

Функциональная схема системы представлена на рис. 1.

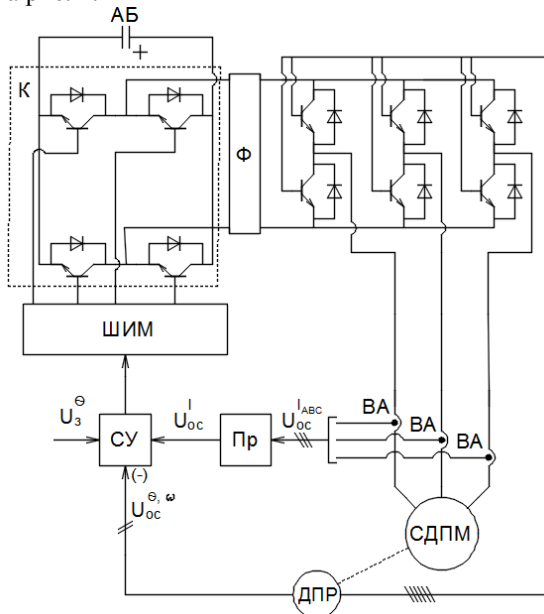


Рис. 1. Функциональная схема электромеханического узла экзоскелета коленного сустава с вентильным электроприводом

В вентильном двигателе коммутация секций (фаз) обмотки статора осуществляется с помощью полупроводникового коммутатора, управляемого сигналами, позволяющими выявить положение

ротора по отношению к статору [3]. Эти сигналы вырабатываются специальным датчиком положения ротора (ДПР). В нашем случае, в качестве ДПР выступают датчики Холла, установленные в статор двигателя непосредственно на заводе-изготовителе. В зависимости от положения ротора к одной из обмоток статора приложено положительное напряжение питания, и данная обмотка притягивает ротор двигателя, к другой обмотке прикладывается отрицательное напряжение питания, данная обмотка отталкивает ротор двигателя. Третья фаза не участвует в формировании электромагнитного момента, за исключением коммутационного интервала, в течение которого одна фаза выходит из работы, а в очередной обмотке начинает протекать ток.

Такое построение силовой части обеспечивают прямые механические характеристики, как у двигателя постоянного тока с независимым возбуждением и высокую надежность электропривода в связи с отсутствием коллекторного узла. Такие двигатели обладают высокой надежностью, большими отношениями «момент на единицу массы».

Управление будем производить изменением уровня подводимого напряжения посредством ШИМ. Для переключения полярности напряжения и реализации ШИМ в схему установлен коммутатор (К). Для сглаживания пульсаций в схему установлен фильтр. Система управления (СУ) построена на основе классических систем подчиненного регулирования [4] с тремя контурами: контур модуля вектора тока статора (Пи-регулятор), скорости (ПИ-регулятор) и положения вала двигателя (И-регулятор, построенный для режима «малых» перемещений). Преобразователь (Пр) преобразует сигналы от датчиков тока в фазах в систему координат  $\alpha, \beta$  и вычисляет модуль тока согласно выражению:

$$|i_s| = \sqrt{i_\alpha^2 + i_\beta^2}.$$

Система управления имеет следующие параметры: частота ШИМ – 6 кГц; частота контура тока – 1,5 кГц; частота контура скорости: 750 Гц; частота контура положения: 312,2 Гц.

Приведем математическую модель бесколлекторного двигателя постоянного тока при питании фаз напряжениями несинусоидальной формы, без учета коммутационных процессов и регулированием ослаблением поля [3].

Уравнения для токов в фазе:

$$\begin{aligned} \frac{2}{3} L_s \frac{di_1}{dt} + i_1 R_s + \left( \frac{3}{\pi} \right)^2 \cdot Z \cdot k_{01} \Phi \omega \cdot \sin(\gamma_e) &= \\ &= \frac{\sqrt{3}}{\pi} U_{dc} \sin(\gamma_e); \\ \frac{2}{3} L_s \frac{di_2}{dt} + i_2 R_s + \left( \frac{3}{\pi} \right)^2 \cdot Z \cdot k_{01} \Phi \omega \cdot \sin\left(\gamma_e - \frac{2}{3}\pi\right) &= \\ &= \frac{\sqrt{3}}{\pi} U_{dc} \sin\left(\gamma_e - \frac{2}{3}\pi\right); \\ \frac{2}{3} L_s \frac{di_3}{dt} + i_3 R_s + \left( \frac{3}{\pi} \right)^2 \cdot Z \cdot k_{01} \Phi \omega \cdot \sin\left(\gamma_e + \frac{2}{3}\pi\right) &= \\ &= \frac{\sqrt{3}}{\pi} U_{dc} \sin\left(\gamma_e + \frac{2}{3}\pi\right), \end{aligned}$$

где  $L_s$ ,  $R_s$  – индуктивное и активное сопротивление фазы обмотки двигателя;  $i_1, i_2, i_3$  – действующее значение тока в фазе;  $Z$  – число пар полюсов;  $k_{01}$  – обмоточный коэффициент фазы, умноженный на число витков;  $\Phi$  – поток магнита в зазоре на пару полюсов, сцепленный с фазой;  $\gamma_e$  – электрический угол поворота ротора.

Электромагнитный момент:

$$M = Z \cdot k_{01} \Phi \cdot \left[ i_1 \cdot \sin(\gamma_e) + i_2 \cdot \sin\left(\gamma_e - \frac{2}{3}\pi\right) + i_3 \cdot \sin\left(\gamma_e + \frac{2}{3}\pi\right) \right].$$

Уравнение динамики и выражение для угла поворота ротора в электрических радианах:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M - M_c;$$

$$\gamma_e = \theta_0 + Z \cdot \int \omega dt,$$

где  $\theta_0$  – начальное положение вала ротора.

Шаг человека моделировался на основании экспериментальных данных [5].

На рисунке 2 приведено два графика: желаемое и полученное перемещение коленного сустава. Как видно из рис. 2, они совпадают.

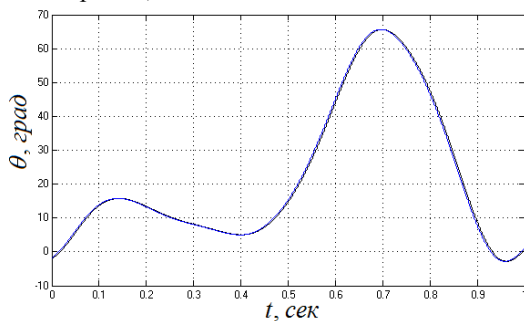


Рис. 2. Графики положения коленного сустава, полученные на модели с обобщенным преобразователем

На рисунке 3, приведен график угловой скорости вращения двигателя. Максимальный размах пульсации угловой скорости ротора составляет 50 рад/с. На выходе редуктора с передаточным числом равным 100, размах

пульсаций составит 0,5 рад/с, что не влияет на работу экзоскелета коленного сустава. При этом колебания могут быть демпфированы четырехзвенным механизмом, не учтенном при моделировании системы.

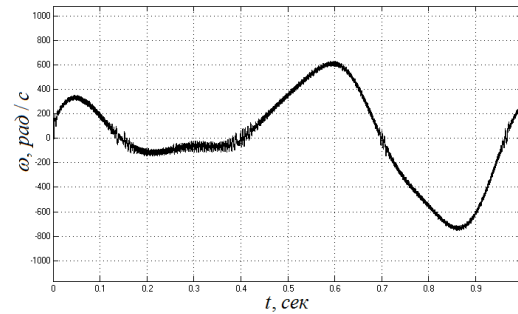


Рис. 3. График угловой скорости вращения ротора полученные на модели с ШИП

### Вывод

Вентильный электропривод применим в электромеханической системе экзоскелета коленного сустава.

### Список использованных источников

1. Воробьева А.А. Спорные вопросы терминологии и классификации экзоскелетов (аналитический обзор, собственные данные, уточнения, предложения) / А.А. Воробьев, Ф.А. Андрущенко, О.А. Пономарева, И.О. Соловьева, П.С. Кривоножкина // Волгоградский научно-медицинский журнал 3/2015 – с. 14-20
2. Николенко М. Н. Подходы к разработке электромеханического узла медицинского экзоскелета коленного сустава / М. Н. Николенко, Д. А. Котин // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника : тр. 7 Всерос. науч.-практ. конф., Новокузнецк, 23–24 нояб. 2016 г. – Новокузнецк : Изд-во СибГИУ, 2016. – С. 187–192. – 50 экз. – ISSN 2220-3699.
3. Овчинников И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) / И.Е. Овчинников: Курс лекций. – СПб: Корона-Век, 2006. – 336 с.: ил.
4. Виноградов А.Б. Векторное управление приводами переменного тока // ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2008. – 298 с.
5. Труханов К. А. Анализ кинематики коленного модуля с гидравлическим исполнительным механизмом и сопоставление результатов расчета с поведением коленного сустава человека при ходьбе / К. А. Труханов, Р. А. Прокопенко // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. 2014. № 11. С. 52–71.



## FLYPE - АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОРАБОТКА КОНЦЕПЦИЙ

Мяхор Д.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Александрова Т.В.

ТПУ, [MyDiAl2009@gmail.com](mailto:MyDiAl2009@gmail.com)

### Введение

Современный промышленный мир целиком и полностью зависит от энергетики. Невозможно представить, как бы функционировали всевозможные металлургические заводы, объекты нефтяной и газовой отрасли, дата центры, если бы не существовало электроэнергии. Так как в наши дни электричество – весьма важный и ценный ресурс, на первый план выходит задача качественного и бесперебойного энергоснабжения таких объектов.

### Обоснование необходимости работы над проектом

Одна из частых причин нарушения электроснабжения - обрыв линий электропередач (ЛЭП). Причин тому может быть несколько: увеличение механических напряжений проводов вследствие изменения температур или воздействия ветра, а также появление гололёдных образований. На данный момент для оперативного обнаружения неисправностей требуется от нескольких часов, до нескольких дней, однако если речь идёт о повреждённых линиях электропередач в удалённых и труднодоступных районах, например, болотистой или холмистой местности, время поиска проблем может быть существенно выше.

Для инспектирования линий электропередач практически не применяется использование автоматических средств диагностики неисправностей. Основная роль в данном вопросе отведена человеку. Однако этот процесс сопряжён с большим риском для жизни, требует отменной подготовки и существенных затрат времени. При использовании неавтоматизированного труда невозможно обеспечить частую диагностику ЛЭП. Данный факт приводит к увеличению риска появления новых неисправностей. В связи с этим терпят убытки энергетические компании, а также непосредственные потребители электрической энергии. Для того чтобы этого избежать, необходим инструмент, способный ускорить и автоматизировать процесс диагностики.

### Цель выполнения проекта и его назначение

Цель выполнения данной научно-исследовательской работы – создание диагностического комплекса, позволяющего автономно, быстро и максимально эффективно с воздуха производить верховой осмотр линий

электропередач с целью оперативной диагностики неисправностей в труднодоступных местностях без необходимости отключения электрической энергии. Выделено четыре основных функции для данного устройства:

- 1) Проверка положения (наклона) опор линий электропередач.
- 2) Контроль стрелы провеса провода.
- 3) Телевизионный контроль изоляторов, соединительных муфт и соединителей при помощи использования бортового тепловизора с последующим GPS-трекингом на проблемных участках (рисунок 1).
- 4) Оперативное обнаружение обрывов, гололёда, изморози на проводах.

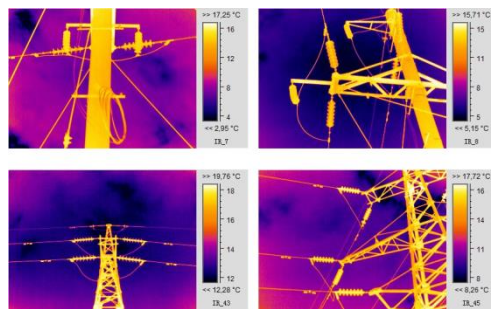


Рис.1. Пример тепловизионной диагностики ЛЭП

### Научная новизна

Для проведения верхового осмотра мы разрабатываем технологию FlyPE (рисунок 2) и одноименное устройство, которое будет устанавливаться в качестве подвеса на квадрокоптер. В составе прибора будет: бортовой тепловизор, одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi 3, проводящий при помощи специальных алгоритмов инспектирование и анализ неисправностей линии электропередач, а также GPS-модуль для расстановки точек выявленных неисправностей на карте. Каждая точка будет содержать созданный аналитической программой комментарий о характере выявленной проблемы, степени критичности и т.д.

Предполагаем одновременное использование 4-х дронов, летящих вдоль линий электропередач (расположение вокруг проводов по вершинам квадрата). Такой подход позволит изучать линии электропередач с разных сторон, взаимодополняя картину исследования, а также увеличивая

точность обнаружения неисправностей и надёжность системы.

### Технология FlyPE

FlyPE – Flying Power Engineer

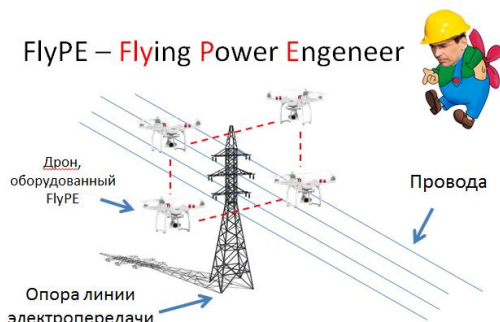


Рис. 2. Базовая концепция технологии FlyPE

Проблема долгосрочного автономного питания диагностического комплекса будет решена по средствам использования катушек индуктивности с целью получения электроэнергии непосредственно с линий электропередач бесконтактным способом. При этом управляющая электроника будет экранирована от электромагнитного излучения. Таким образом, задача автоматизации инспектирования высоковольтных линий электропередач предполагает решение таких новых фундаментальных проблем как:

- 1) создание алгоритма, позволяющего на основании данных с видеокамеры и телевизора выявлять неисправности;
- 2) создание алгоритма автономного взаимодействия роя квадрокоптеров;
- 3) обеспечение продолжительной работы летающих дронов.

На текущий момент собран первый прототип устройства (рисунок 3) на базе микроконтроллера ATmega328P и передатчика nRF24L01+ с целью проработки алгоритма автоматического управления дроном.

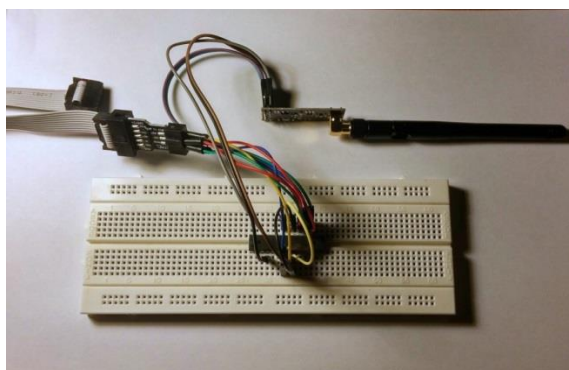


Рис. 3. Прототип устройства FlyPE v0.01

### Имеющиеся аналоги

В настоящее время основная масса устройств, выполняющих схожие функции, - это колёсные роботы: Expliner (рисунок 4), LineScout, Пена, SkySweeper. За счёт специальной формы шасси они способны удержаться на проводах, а также передвигаться вдоль ЛЭП, получая электроэнергию непосредственно из сети с помощью специальных контактных токоприёмников.



Рис. 4. Колёсный робот Expliner

Однако такой подход решения проблемы сопряжён с некоторыми трудностями, а именно:

- 1) робот способствует появлению на линиях электропередач дополнительных механических нагрузок;
- 2) колёсный робот не проедет в местах, где присутствует обрыв провода;
- 3) переход через опоры линий электропередач (узлы соединения проводов) сопряжён с рядом трудностей;
- 4) скорость диагностики невелика (около 3-4 км/ч) и обусловлена невысокой скоростью перемещения колёсной платформы;
- 5) использование квадрокоптеров в качестве шасси для диагностического комплекса позволяет избежать представленных выше недостатков.

### Заключение

В заключении стоит отметить, что использование летающих автономных диагностических комплексов позволит существенно упростить и ускорить процедуру выявления неисправностей линий электропередач.

### Список использованных источников

1. Григорьев Ю.Е. Замена деталей деревянных опор под напряжением | М.: Энергия, 1967.
2. Безопасность электрооборудования машин и механизмов - ГОСТ Р МЭК 60204-1-99.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-е издание.

## СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ РЕАКТОРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПЛАСТИКА

Т.А. Емельянова, В.И. Гончаров  
Томский политехнический университет  
tanya110989@gmail.com

### Введение

Для получения огнеупорного пластика применяют специальные реакторы [1]. Схематическое изображение установки на базе такого реактора приведено на рисунке 1. Она представляет собой химический реактор, который состоит из двух емкостей, помещенных друг в друга. В первую из них помещены вещества, являющиеся исходными продуктами химической реакции, другая емкость заполняется водой, которая обеспечивают стабилизацию температуры в камерах.

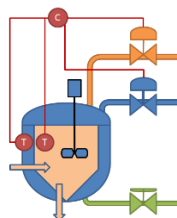


Рис. 1. Схема технологической установки

В соответствии с регламентом температура в камерах должна поддерживаться в жестких пределах. Установлено, что оптимальная температура содержимого в рабочей емкости должна быть около 73°C. Отклонение от этого значения должны быть сравнительно малыми из-за особенностей процесса. В частности, даже кратковременное превышение заданного значения температуры на 7°C может привести к затвердеванию смеси, что приводит к остановке процесса и значительным экономическим потерям. Вследствие этого перерегулирование в системе не должно быть более 14,5%. Таким образом основной задачей управления технологическим процессом является управление температурой в рабочей емкости.

Кроме того, анализ показал, что для управления температурой в системе необходимо иметь два контура управления: по температуре содержимого рабочей камеры и по температуре водяной рубашки. В связи с этим для управления технологическим процессом выбрана каскадная двухконтурная схема управления. Математическая модель системы управления представлена в [2].

### 1 Синтез регуляторов двухконтурной системы управления вещественным интерполяционным методом

Традиционный подход к синтезу многоконтурных систем основан на

последовательном расчёте каждого контура управления, начиная с внутреннего. При этом существует необходимость разбиения на контура не только синтезируемой системы, но и желаемых требований, предъявляемых к системе целиком. Этот фактор является дополнительным источником погрешности при решении задачи синтеза, что в условиях постоянно повышающихся требований к САУ является нежелательным, а зачастую даже недопустимым. В связи с этим наибольший интерес представляет подход, не использующий двухэтапную процедуру синтеза, исключаящий этап дробления системы, а соответственно и её свойств, на контура. В этом случае задача синтеза двухконтурной системы управления температурой в камерах реактора сводится к решению уравнения (1).

$$W_{зам}^{жел}(\delta_i) = W_{зам}^{синт}(\delta_i), \quad (1)$$

где  $\delta_i$  - узел интерполирования,  $i$  - номер узла интерполирования.

В [3] предлагается метод решения задачи синтеза многоконтурных систем, при этом число одновременно определяемых коэффициентов в [3] ограничивается двумя-тремя. Там же даются рекомендации по расширению области сходимости предлагаемого алгоритма на большее число неизвестных параметров. Воспользуемся этими рекомендациями для решения задачи синтеза.

### 2 Синтез системы управления температурой реактора

Структурная схема темы управления температурой реактора представлена на Рисунке 2.

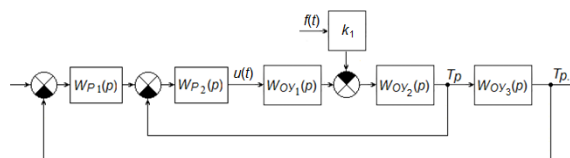


Рис. 2. Структурная схема темы управления температурой реактора

Передачные функции объектов управления внутреннего и внешнего контуров управления  $W_{ov1}(p)$ ,  $W_{ov2}(p)$  и  $W_{ov3}(p)$  соответственно:

$$W_{ov1}(p) = \frac{1423,5}{4,3p + 1}$$

$$W_{OY2}(p) = (2474892s^2 + 16275s + 7,08) / \\ / (6340673304s^3 + 59286422,16s^2 + \\ + 44516,736s + 8,496);$$

$$W_{OY3}(p) = \frac{5,9}{966p + 5,9}.$$

Передаточные функции регуляторов по условиям задачи имеют вид:

$$W_{p1}(p) = K_1 + K_2 \frac{1}{p}; \quad W_{p2}(p) = K_3 + K_4 \frac{1}{p}.$$

В соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 2, получено уравнения синтеза замкнутой САУ с двумя входными воздействиями. При этом в качестве возмущающего сигнала приняты ненулевые начальные условия  $f(t) = \text{const} \equiv C = 20^\circ\text{C}$ . В результате преобразований получено уравнение синтеза настраиваемой системы:

$$\frac{1}{p} \left( \frac{W_3^{\text{жс}}(p)}{W_{OY3}(p)W_{OY2}(p)W_{P2}(p)W_{OY1}(p)W_{P1}(p)} + \frac{W_3^{\text{жс}}(p)}{W_{OY3}(p)W_{P1}(p)} + W_3^{\text{жс}}(p) - 1 \right) = \frac{C \cdot k_1}{W_{P2}(p)W_{OY1}(p)W_{P1}(p)}.$$

Уравнение синтеза настраиваемой системы в развернутом виде:

$$\frac{1}{p} \left( W_3^{\text{жс}}(p) \cdot \left\{ \frac{5,9}{966p + 5,9} \left( K_3 + K_4 \frac{1}{p} \right) \left( K_1 + K_2 \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{2474892s^2 + 16275s + 7,08}{6340673304s^3 + 59286422,2s^2 + 44516,7s + 8,5} \cdot \frac{1423,5}{4,3p + 1} \right\} + \frac{W_3^{\text{жс}}(p)}{\frac{5,9}{966p + 5,9} \cdot \left( K_1 + K_2 \frac{1}{p} \right)} + W_3^{\text{жс}}(p) - 1 \right) = \frac{C \cdot k_1}{\left( K_3 + K_4 \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{1423,5}{4,3p + 1} \cdot \left( K_1 + K_2 \frac{1}{p} \right)}.$$

Таким образом, имеем уравнение с четырьмя неизвестными параметрами  $K_1, K_2, K_3, K_4$ . В соответствии с методикой ВИМ необходимо определить передаточную функцию желаемой системы, выбрать четыре узла интерполирования, определить численные характеристики объекта управления и желаемой передаточной функции. Затем необходимо найти численные характеристики регуляторов и на их основе составить систему из четырех уравнений. В результате расчета параметров системы методом Ньютона и итерационного поиска решения получили следующие значения искомых коэффициентов:  $K_1 = 2,244$ ,  $K_2 = 0,021$ ,  $K_3 = 2,005$ ,  $K_4 = 0,342$ . При этом время

переходного процесса составляет 410 с, а перерегулирование  $\sigma = 4,13\%$ . Переходный процесс в синтезированной системе приведен на рисунке 3.

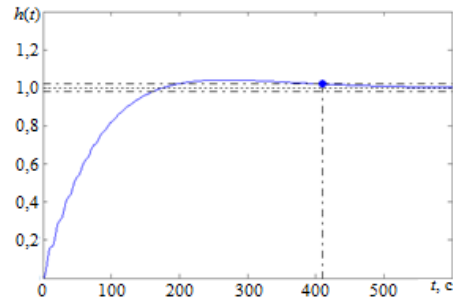


Рис. 3. График переходного процесса в синтезированной системе

### Заключение

В результате вычислений показано, что представленные методы синтеза многоконтурных систем автоматического управления работоспособны, с их помощью может быть синтезирована двухконтурная система управления, обладающая заданными показателями качества. Решение обладает высокой точностью, может быть реализовано на ЭВМ, за счет чего вычислительные трудности минимальны.

### Список использованных источников

1. Belyaev, A.S. Analysis of noisy signal restoration quality with exponential moving average filter [Electronic resources] / A. S. Belyaev, I. A. Tutov, D. V. Butuzov // Control and Communications (SIBCON) : Proceedings of the XII International Siberian Conference, Moscow, May 12-14, 2016. — [S. I.]: IEEE, 2016. — [4 p.]. — Title screen. — Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1109/SIBCON.2016.7491750>, свободный.
2. Бутузов Д.В. Разработка испытательного стенда нагревательной установки с водяной рубашкой / Д. В. Бутузов; науч. рук. И. А. Тутов // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 9-13 ноября 2015 г.: в 2 т. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 1. — С. 223-224.
3. Goncharov, V.I.; Shchelkanova, T.A. / The synthesis of multi-loop control systems. Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2014. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА, ОРИЕНТИРУЮЩЕГОСЯ В ПРОСТРАНСТВЕ

А. С. Цайтлер

Е. М. Яковлева

Томский политехнический университет

asc12@tpu.ru

### Введение

Современные автономные мобильные роботы решают множество задач, улучшая качество жизни людей. Решение задачи управления мобильной робототехникой имеет важное практическое значение.

Современные системы автоматизации расширяют поле деятельности, дополняя классические методы управления новыми, интеллектуальными. К таким методам относятся следующие алгоритмы:

- гипотеза-тест;
- метод скелетирования;
- нечеткая логика [1].

Целью работы является проектирование подвижной автономной колесной платформы, перемещающейся в пространстве, способной обнаруживать препятствия и избегать столкновения с ними. В процессе разработки необходимо будет подобрать алгоритм управления.

### Аппаратная часть

Известный микроконтроллер Arduino UNO характеризуется:

- простотой программирования;
- надежностью;
- потреблением меньшего количества энергии;
- дешевизной.

Кроме того, программная среда Arduino снабжена библиотеками, служащими для упрощения программирования. Так, при программировании используется библиотека eFLL (Embedded Fuzzy Logic Library) [2]. Поэтому для создания первой версии проекта был выбран микроконтроллер Arduino UNO. Этого достаточно для программной реализации простейшего нечеткого регулятора.

Поскольку Arduino не может обеспечить величину тока, потребляемую двигателями, нет смысла подключать их напрямую. В проекте применяется плата Ardumoto Shield, основанная на микросхеме L298P.

В ходе проектирования было решено выбрать электрические двигатели постоянного тока с редукторами. Они характеризуются дешевизной и простотой применения.

Элементами информационно-измерительной системы являются датчики расстояний. Существует несколько видов таких датчиков:

- ИК-датчики;
- Оптический рефлекторный датчик;

- Ультразвуковой датчик.

Первые два датчика характеризуются двумя важными недостатками: они подвержены помехам, в том числе от любых источников света; в измерениях всегда присутствует погрешность, вызванная различной отражающей способностью поверхностей объектов. Исходя из рассмотренных недостатков, в проекте применяется ультразвуковой датчик расстояний HC-SR04, который имеет диапазон измерений от 2 до 500 см, не подвержен ошибкам измерения из-за цвета или текстуры объекта, являющегося препятствием, выдает аналоговые значения расстояний [3].

Для увеличения угла обзора датчика, и обеспечения его поворота налево и направо, применяется сервопривод MG90S.

Схема подключения мобильного робота приведена на рисунке 1.

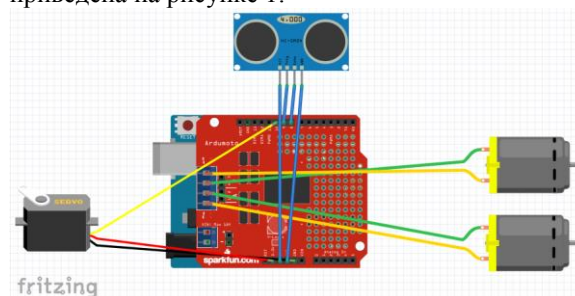


Рис.1. Схема подключения.

### Выбор регулятора

Задача исследования – разработка алгоритма, позволяющего роботу самостоятельно ориентироваться в пространстве, избегая столкновений с помехами.

Самым простым является метод гипотезы и теста. Его основными этапами являются:

- предложение гипотезы в виде пути-кандидата от начальной до конечной точки траектории движения робота;
- все направления движения тестируются на возможность столкновения с препятствиями;
- если обнаруживается возможность столкновения, препятствие исследуется с целью определения пути обхода.

Такой алгоритм хорошо работает для случаев, когда препятствия встречаются редко и не являются динамическими, то есть, когда траектория пути заранее известна. Для построения таких алгоритмов используют методы одометрии. Целесообразность применения этих методов рассмотрена в статье [4].

Методы скелетирования основаны на идее заполнения пути движения равноудаленными от



препятствий точками, образующими прямые линии, по которым в дальнейшем робот будет ориентироваться в пространстве. В любом случае, оба метода подразумевают наличие знаний о препятствиях, которые могут появиться на пути робота. Таких недостатков лишен алгоритм, основанный на нечеткой логике. Он позволяет учитывать динамически изменяющиеся препятствия, так как производит однозначное преобразование вектора входных сигналов в вектор выходных в каждый момент времени.

Регулятор описывается базой знаний, или базой продукционных правил. Продукционные правила для таких регуляторов описываются при помощи лингвистических переменных. С ними можно связывать любые физические величины, такие как «дистанция», «скорость», значения которых определяются с помощью термов: «далеко», «близко», «медленно», «быстро». При этом каждому терму ставится в соответствие некоторое значение описываемой величины. Соответствие того или иного значения определяется величиной функции принадлежности, которая описывается при разработке базы знаний для системы.

### Результаты исследования

Все системы с нечеткой логикой функционируют по одному принципу: показания измерительных приборов: фаззифицируются, обрабатываются, дефаззифицируются, и в виде обычных цифровых сигналов подаются на исполнительные устройства. Разработанная система управления представлена на рисунке 3.

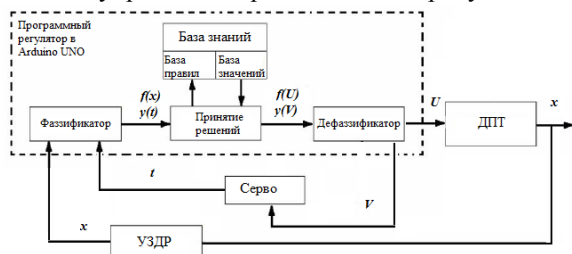


Рис. 2. Разработанная САУ

$U$ ,  $V$  – дефаззифицированные значения управляющих напряжений, выдаваемых контроллером;

$x$  – расстояние до препятствия, изменяющееся с течением времени;

$t$  – угол поворота серводвигателя для изменения угла обзора УЗДР;

$f(x)$ ,  $y(t)$  – фаззифицированные значения угла и расстояния, описываемые лингвистическими переменными;

$f(U)$ ,  $y(V)$  – переменные, подлежащие дефаззификации с целью выработки управляющих воздействий;

УЗДР – аббревиатура для ультразвукового датчика расстояния.

Сформулированная база правил для полученного регулятора приведена на рисунке 4.

		Дистанция	
		$\leq 30\text{см}$	$> 30\text{см}$
Серводвигатель	Лево	Остановка, серво – вправо	Поворот налево с максимальной скоростью, серво – прямо
	Прямо	Остановка, серво – влево	Движение вперед с максимальной скоростью, серво – прямо
	Право	Разворот	Поворот направо с максимальной скоростью, серво – прямо

Рис. 3. База знаний

Внешний вид разработанного робота представлен на рисунке 5.

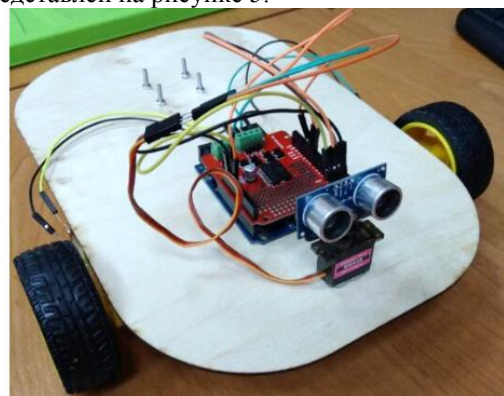


Рис. 4. Мобильный робот

Таким образом, на основе нечеткой логики и аппаратной базе микроконтроллера Arduino UNO спроектирована система автоматического управления автономным мобильным роботом, способным выполнять остановку вблизи препятствия. В процессе проектирования были обоснованно подобраны основные элементы и произведена сборка мобильного робота. Дальнейшие разработки нечеткого регулятора обеспечат свободное передвижение и ориентирование мобильного робота в пространстве.

### Список использованных источников

1 Плотников В.А. Анализ эффективности существующих методов отклонения от столкновения для мобильного робота. Статья в журнале «Искусственный интеллект», №4, 2010.

2 A Fuzzy Library for Arduino and Embedded Systems [Электронный ресурс] URL: <http://www.zerokol.com/2012/09/arduino-fuzzy-fuzzy-library-for-arduino.html> (дата обращения: 20.05.2017).

3 HC-SR04 User Guide.

4 Цайтлер А.С. Яковлева Е.М. Определение положения объекта в пространстве с помощью инерциальных измерительных устройств. Статья в сборнике XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «МСИТ» – 2016.

## СИСТЕМА "УМНЫЙ ДОМ"

А.В. Веретехин, И.В. Гертнер, А.Н. Гурулев, Д.Е. Пась  
Научный руководитель А.С. Фадеев  
Томский политехнический университет  
Tyrant997@gmail.com

### Введение

Система «умный дом» предназначена для автоматизации и рационализации базовых потребностей человека (электро- и водоснабжение, отопление, освещение, кондиционирование и вентиляция), а также для своевременного оповещения о нештатных ситуациях (возгорание, протечки, несанкционированное проникновение). Стоит упомянуть, что отношение к данной системе в России несколько отличается от аналогичного в Европе. В Европе данная разработка воспринимается как неотъемлемая часть жизнеобеспечения, в связи с чем производится максимальная унификация подобных систем, они являются вполне доступными для рядового пользователя. В России «умный дом» рассматривается как решение для высокобюджетных проектов, что влечет за собой индивидуальный подход к каждому пользователю и делает систему менее доступной.

Анализ существующей ситуации позволяет сделать вывод о высокой необходимости рационализации подхода к разработке подобных систем в России. Нами был выдвинут тезис о том, что каждый пользователь таких систем может и в некоторой степени должен стать разработчиком. В связи с этим, важной задачей является задача обучения студентов конструированию и программированию «умных вещей» и элементов «умного дома» на базе современных микропроцессорных устройств.

Нашей командой было проведено исследование, целью которого было выяснить: возможно ли разработать и реализовать «Умный дом», выполняющий базовые функции подобных проектов на самых различных платформах, не имея за собой специальной материальной базы. Итогом первых месяцев работы стало создание простой и относительно доступной системы домашнего контроля и оповещения, на базе микроконтроллера Arduino.

### Процесс разработки

В работе были выделены следующие этапы:

- Создание системы индикации закрытия-открытия дверей и окон.
- Осуществление контроля влажности и температуры воздуха (подача сигнала на «умный» переключатель, который управляет системами теплого пола и обогрева, если таковые имеются).
- Применение датчика статического электричества (если в воздухе

накапливается большой статический заряд – предвестник грозы, то подается сигнал на микроконтроллер, и если электроприборы в помещении не были отключены, то по достижении какого-то предельного (опасного заведомо) заряда, приборы выключаются автоматически).

- Осуществление индикации движения и включение света (в коридоре) – вечером-ночью.
- Управление системой через GSM-модуль.
- Реализация охранной системы.
- Открытие входной двери с помощью NFC метки.
- Создание контролирующего онлайн приложения/сайта с помощью Raspberry Pi.
- Моделирование и 3-D печать корпуса размещения опытного устройства.

В результате процесса работы были достигнуты следующие результаты:

Была собрана сигнализация на двери с оповещением и возможностью включения/выключения по командам СМС. В качестве основного датчика для решения задачи фиксации момента открытия двери был выбран геркон, ввиду его дешевизны, а также простоты работы с ним. В результате была собрана простая и надежная сигнализация, включающаяся либо нажатием кнопки, либо СМС-сообщением администратора (собственника помещения). При возникновении признаков проникновения осуществляется оповещение об этом администратора посредством СМС-сообщения. Имеется также возможность для отключения тревоги нажатием отдельной кнопки.

Была реализована система контроля протечки воды с оповещением по СМС. Датчик устанавливается непосредственно в места, в которых возможна утечка. Влага, попадающая на датчик, уменьшает его сопротивление и посредством GSM модуля информация посылается пользователю.

Была собрана и интегрирована с микроконтроллером пожарная сигнализация. Для реализации данного решения были выбраны фототранзистор и датчик дыма, которые при одновременном возникновении признаков пожара (дыма и пламени) подают сигнал на пьезоэлемент, который в свою очередь издает оповещающие звуковые сигналы. Данный модуль также может осуществлять контакт с пользователем посредством СМС.

Собрана система дистанционного оповещения

администратора. В качестве элемента связи с пользователем был выбран GSM-модуль, в силу относительной простоты по работе с ним, а также широкой доступности для среднестатистического пользователя. Модуль способен проводить оповещение о возникновении нештатных ситуаций, таких как: возгорание, несанкционированное проникновение, протечка воды. Данный модуль является очень важной частью проекта также и в силу того факта, что имеет свое отдельное питание от источника постоянного тока 5 В, которого к тому же достаточно для энергообеспечения микроконтроллера и всех остальных частей системы.

Осуществление контроля за статическим электричеством повлекло за собой определенные трудности. На основе типового датчика для платформы Arduino (который включал в себя полевой транзистор с p-n переходом, который необходим для решения данной задачи) был собран датчик статического электричества. Однако ввиду большого количества наведенных токов датчик передавал весьма неточные показания на микроконтроллер, что на данном этапе разработки воспрепятствовало дальнейшему движению в изучении статического поля и формировании пороговых значений для предупреждения о надвигающейся грозе.

Произведена разработка 3D-модели, 3D- печать корпуса и осуществлен монтаж устройства.

#### **Текущая стадия разработки**

В настоящее время проверяется возможность установки дополнительных подсистем, которые находятся в разработке.

Ведется работа по настройке системы контроля двери с помощью NFC метки. Модель этой системы включает в себя: отдельный микроконтроллер Arduino, сервопривод, RFID - модуль RC 522 с NFC меткой. Принцип работы этой системы заключается в следующем: житель квартиры/дома приходит домой, прикладывает индивидуальную метку и благодаря сервоприводу замок открывается. Зайдя домой, собственник закрывает дверь и нажимает на кнопку, которая расположена в квартире/доме, после чего замок закрывается автоматически.

Работа с GSM модулем еще не завершена до конца. Так, в настоящий момент в программном коде прописана возможность отправки отчета по требованию пользователя с информацией о состоянии включения систем, однако реализация включения/выключения системы выполнена только для охранной сигнализации дома.

Реализована, однако, ввиду большого энергопотребления, не включена в общее устройство, система освещения. Данная система состоит из ИК-датчика, реле и лампы накаливания. Инфракрасный датчик распознает движение

объектов (например, человека), после чего передает сигнал на Arduino. Посредством реле, подключенного к сети 220 В, включается лампа накаливания. Таким простым образом реализуется автоматическое включение света при обнаружении движущегося объекта.

В стадии разработки находится онлайн-приложение для контроля системы с помощью Raspberry Pi. Практическая реализация ожидается в ближайшем будущем.

#### **Заключение**

В ходе проведенного исследования было выяснено, что идея самостоятельной разработки автоматизированной мониторинговой системы является целесообразной как с образовательной, так с экономической точки зрения. Более того в ходе выполнения работы появилась идея о необходимости создания унифицированного набора на базе платформы Arduino со всеми необходимыми для конструирования базовой системы комплектующими и инструкцией, включающей в себя как советы и простейшие алгоритмы для разработки отдельных подсистем, так и реальные обобщенные характеристики различных датчиков с учетом реальных границ их применимости, включая возможность их комбинирования с другими датчиками. Данный комплекс послужит основой для реализации подобных систем в различных жилых и нежилых помещениях.

#### **Список использованных источников**

1. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 256 с.: ил. — (Электроника)
2. How to build an Arduino powered smart home: <https://www.codeproject.com/Articles/855501/How-to-build-an-Arduino-powered-smart-home>, дата обращения: 11.11.2016
3. Arduino Starters Kit Manual. A Complete Beginners guide to the Arduino by Mike McRoberts - Published 2009 by Earthshine Design
4. Проекты с использованием контроллера Arduino. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. — 448 с.: ил. — (Электроника)

Работа выполнена при поддержке Благотворительного фонда Владимира Потанина в рамках гранта ГК150001773.

## МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO С GSM МОДУЛЕМ

Власов А.В.

Научный руководитель: Фадеев А.С.  
Томский политехнический университет  
[avv49@tpu.ru](mailto:avv49@tpu.ru)

### Введение

Идея создания недорогого компактного устройства, позволяющего управлять удаленно системой отопления в доме пришла с развитием технологий и внедрением электронных устройств во все сферы жизни. Объединить имеющиеся стандартные компоненты с новыми, самостоятельно разработанными, и обеспечить управление с одного устройства, например, с телефона было бы очень эффективно и удобно. Глобальная цель заключается в том, чтобы сделать систему дешевле и проще аналогов на рынке. Использование готовых компонентов, микроконтроллера Arduino с его довольно простым языком программирования, изготовление корпуса на 3D принтере позволяют сократить расходы при изготовлении устройства.

### Анализ рынка

Разработка системы прежде всего началась с анализа рынка. Было установлено, что актуально использовать GSM-управление. Это связано с тем, что мобильные телефоны очень распространены, и они очень удобны в качестве устройства управления. Стоимость обслуживания телефона очень мала, а эффективность работы GSM модуля для приема и передачи информации высока. Пользуясь данным преимуществом, создаются различные системы именно с таким типом управления.

На данный момент существует множество компаний, нацеленные на создание контроля за отоплением в составе систем “Умного дома”. Они предлагают свои собственные разработки, но принцип используют похожий. Проблема в том, что, хотя функционал довольно велик, стоимость готового продукта непропорционально ему высока. Возможно, это связано с тем, что системы появились относительно недавно, и сейчас начальная стадия их распространения.

Например, только оборудование, включающее центральный блок GSM, 2-3 датчика, исполнительные механизмы для управления котлом в доме стоят порядка 10 тысяч рублей. А если заказывать установку и настройку этой системы, то цена возрастает в 2-3 раза [1].

### Разработка устройства

Первым делом была произведена оценка необходимых компонентов, которые будут использоваться в составе устройства. Ими стали: плата Arduino Uno, GSM модуль SIM800L, датчик

температуры и влажности AOSONG AM2301, преобразователь напряжения LM2596S DC-DC, реле SRD-05VDC-SL-C. Выбор был основан одновременно на таких критериях, как низкая стоимость, функциональность и эффективность компонентов.

Далее был собран рабочий макет управления электронагревателем с системой поддержания заданной температуры. Настройка и контроль осуществлен при помощи команд СМС, отправляемых с телефона. Налажена обратная связь, позволяющая следить за состоянием системы, а также за отправленными командами.

Код программы написан в среде разработки ARDUINO IDE. Основная проблема заключалась при считывании текста из полученных СМС. Все действия по работе с GSM модулем производились при помощи AT - команд (от англ. Attention), полный список которых размещен на сайте производителя модуля. В коде используются процедуры для выполнения поставленных задач, а именно для включения удержания заданной температуры помещения с электронагревателем, что обеспечило гибкость программы, возможность изменять параметры на входе, не изменяя их в самой процедуре, код выглядит структурировано [2].

Прописаны команды, которые могут быть считаны и обработаны в целях выполнения поставленной задачи. Главные из них: ON, OFF, TEMP, и значение температуры в пределах от 10 до 75 градусов Цельсия. С помощью них включается, выключается нагреватель, запрашивается текущая температура и влажность, устанавливается температурный контроль над нагревателем на данном уровне с интервалом регулирования  $\pm 1$  градус Цельсия соответственно. В ответ на отправленные команды GSM модуль присылает в виде текста СМС-сообщения на заранее указанный номер состояние нагревателя, текущие значения температуры и влажности, состояние климат контроля соответственно. Отработана проверка неверных команд. Разработанная система прошла несколько тестов в различных условиях.

На рис. 1 изображена работа системы регулирования климат контроля, где  $T$  – заданное значение,  $dt$  – границы отклонения от заданной температуры, 0, 1, 2 – текущее состояние системы в зависимости от температуры окружающей среды. Задание этих параметров помогает реализовать систему климат контроля, в основе которой лежит принцип искусственного гистерезиса [3].



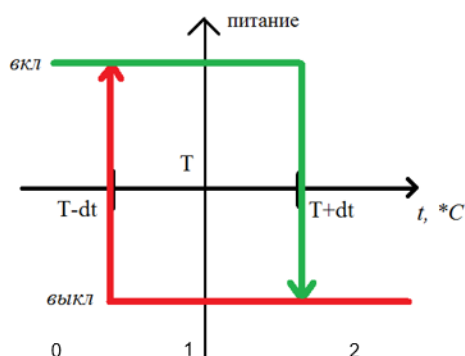


Рис.1. Принцип поддержания температуры

Ниже представлен график (рис. 2) (зависимость температуры окружающего воздуха от времени работы нагревателя в режиме поддержания температуры на уровне 40 градусов Цельсия с разностью в 1 градус Цельсия в большую и меньшую сторону. Наличие петли гистерезиса позволяет избежать частых срабатываний реле нагревателя.

Система работает.

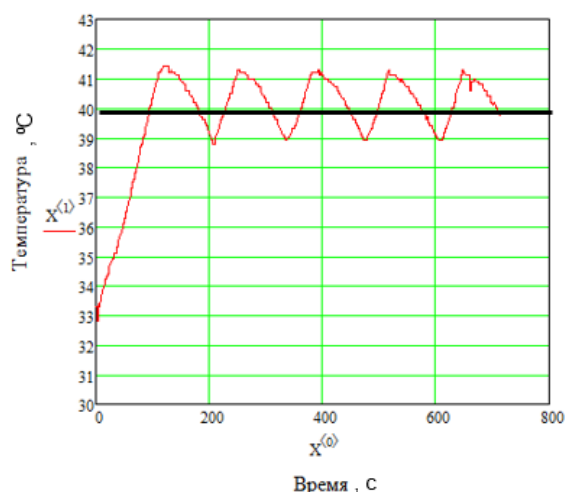


Рис. 2. График, отображающий работу климат контроля

### Проектирование корпуса

Проектирование корпуса, в который затем помещаются все модули устройства, произведено с помощью САПР Autodesk Inventor [4]. Каждый этап эскизирования модели сначала был начерчен на бумаге в черновом варианте, а затем перенесен в программу. Важно отметить, что размеры корпуса рассчитывались исходя из того, какие модули использовались. При проектировании были учтены стандарты ГОСТ 7396.1-89 для создания модели вилки и розетки, что позволило придать универсальности и возможности использовать повсеместно [4,5].

После создания 3D модели выполнена печать на 3D принтере. Гипс, как материал корпуса и крышки, оказался неподходящим. Наиболее удачным материалом стала пластмасса.

### Преимущества системы

Возможность управления домом дистанционно, даже при отсутствии интернета, через телефон.

Низкое энергопотребление работы датчиков и контроллера (до 15 Вт).

Относительно невысокая цена компонентов, которые входят в состав системы. Стоимость всего устройства не превышает 1000 р.

Возможность подключения нескольких контроллеров к одному модулю.

### Недостатки системы

Подключение ограниченного количества датчиков. Каждое взаимодействие с GSM модулем сопровождается отправкой СМС как в одну, так и в другую сторону, что приводит к быстрому расходу средств на счетах абонента.

При отсутствии сотовой связи без использования среды программирования альтернативных вариантов управления системой на данном этапе разработки нет.

### Заключение

Было произведено моделирование и прототипирование устройства, которое можно использовать в квартирах, дачах, частных домах, там, где необходим контроль и управление за состоянием помещений.

Были исследованы необходимые компоненты системы и использованы программа САПР и печать на 3D принтере. Написание кода программы производилось в среде Arduino IDE. Удалось достичь поставленных целей. Следующим этапом планируется уменьшить размеры прибора за счет использования Arduino Nano и оптимизации расположения компонентов.

### Список использованных источников

1. Предложения рынка систем [Электронный ресурс]. – URL: <https://prime.spagose.ru> (дата обращения 15.02.2017).
2. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. - СПб.: БХВ Петербург, 2012. - 256 с. ил - (Электроника).
3. Математические основы теории систем: учебник для вузов /А. М. Малышенко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 364 с.: ил.
4. Учебное пособие по САПР [Электронный ресурс]. – URL: <http://help.autodesk.com> (дата обращения 15.02.2017).
5. Стандарт ГОСТ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.internet-law.ru> (дата обращения 15.02.2017).



## УПРАВЛЕНИЕ ИНВАЛИДНОЙ КОЛЯСКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Д.И. Дроганов  
Руководитель: А.С. Фадеев  
Томский Политехнический Университет  
d.droganov@yahoo.com

### Введение

Со стремительным развитием технологий появляется спрос на новые способы управления различными системами. Сегодня такие компании как Google и Tesla Motors, делают успешные попытки в создании самоуправляемых автомобилей, производители квадрокоптеров добавляют функции в свои продукты, позволяющие им самостоятельно обходить препятствия и производить экстренную посадку при низком заряде источника питания [1, 2].

Наряду с этим все большую популярность набирают нейрокомпьютерные интерфейсы. Подобные технологии применяются для управления квадрокоптерами, автомобилями, протезами, инвалидными колясками и др. [3, 4].

Нейрокомпьютерные интерфейсы - системы, использующие для управления сигналы мозга, которые работают по следующему принципу: на поверхности головы человека устанавливаются электроды, отвечающие за измерение электрических сигналов или их отсутствие. Зачастую электроды устанавливаются над проекционной зоной коры головного мозга (рисунок 1), которая отвечает за движение: когда человек двигается или думает о движении, нейроны проекционной зоны вырабатывают слабые электрические сигналы [5]:



Рис. 1. Проекционная зона коры головного мозга

Далее сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь [6]. Затем дискретный сигнал поступает на цифровой сигнальный процессор, который реагирует на изменения частоты и амплитуды сигнала: когда мозг находится в состоянии покоя, нейроны вырабатывают сигналы частотой от 8 до 12 Гц (альфа волны), при высоком уровне концентрации и активных мыслительных процессах частота сигнала изменяется в пределах от 12 до 27 Гц (бета волны) (рисунок 2). Бета волны по сравнению с альфа волнами имеют меньшую амплитуду [7]:

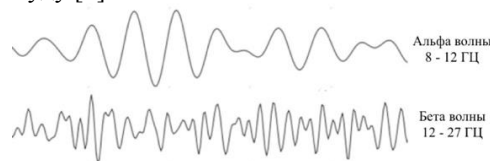


Рис. 2. Альфа и бета волны

Основываясь на представленных данных, было принято решение о создании инвалидной коляски, управляемой электрическими сигналами головного мозга.

### Система управления инвалидной коляской при помощи электрических сигналов головного мозга

На рисунке 3 представлена структурная схема системы:

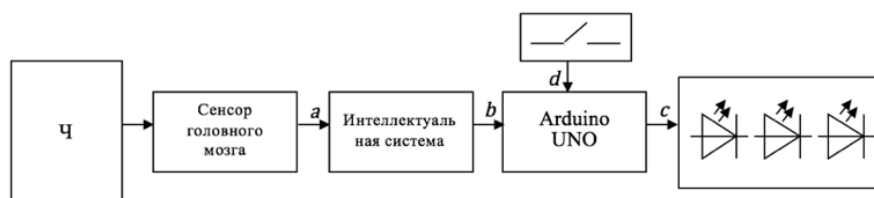


Рис. 3 Структурная схема системы

где Ч - человек, к поверхности кожи головы которого подключены электроды сенсора головного мозга. Сенсор головного мозга предназначен для снятия электроэнцефалограммы. Электроэнцефалография основана на измерении

разности потенциалов между двумя точками поверхности кожи головы, на которых установлены электроды. Интеллектуальная система включает в себя цифровой сигнальный процессор (компьютер), сверточную

искусственную нейронную сеть и хранилище обучающей выборки сигналов.

$a$  – электрический сигнал головного мозга, передаваемый в цифровом виде;  $b$  – числовое значение, соответствующее определенному действию систем;  $c$  – команда, вырабатываемая аппаратной платформой Arduino UNO, и передаваемая на исполнительные устройства;  $d$  – сигнал остановки, вырабатываемый кнопкой.

В данном проекте для управления объектом используются три набора данных, состоящих из волн, вырабатываемых головным мозгом: два набора данных бета волн и набор данных альфа волн. Для записи двух наборов бета волн человеком, на поверхности кожи головы которого были установлены электроды, производилось представление двух различных движений: сжатие левой руки в кулак – для записи первого набора данных бета волн и сжатие правой руки в кулак – для записи второго набора данных бета волн, соответственно. Набор данных альфа волн записывался при низком уровне концентрации.

Получаемые сигналы записывались в текстовые файлы, которые в дальнейшем загружались в Matlab. В Matlab на основе данных текстовых файлов строились графики по две тысячи точек каждый, на которых были изображены волны, вырабатываемые головным мозгом. Графики затем сохранялись в виде изображений для дальнейшей загрузки в искусственную нейронную сеть.

Сверточная искусственная нейронная сеть в данном проекте применяется для определения, к какому из трех наборов данных волн принадлежит поступающее на ее вход изображение. В данном проекте использовалась сверточная нейронная сеть TensorFlow – открытая библиотека, созданная инженерами Google, которая была обучена на миллионе изображений [8]. Результат работы нейросети записывался в текстовый файл.

Следующим этапом работы системы является передача команд в аппаратную платформу Arduino UNO. Для этого используется код на языке Python, отвечающий за распознавание текста в текстовых файлах и передачи результата распознавания в аппаратную платформу Arduino UNO.

При проверке результатов обучения сеть не показывала точность выше 80% на любом из наборов данных, поэтому представленный код ищет результаты с точностью от 80%. Также, значения выше 80% позволяют не учитывать результаты работы низкой точности, что снижает риск выполнения неверной команды.

В случае, если в результате работы нейросети содержится информация о том, что с наибольшей вероятностью в нейросеть был загружен график определенного набора данных, то платформе Arduino UNO передается цифра, соответствующая этому набору данных: 2, 3 или 4.

Когда платформе передается цифра 2, 3 или 4, загорается соответствующий полученному

значению светодиод. В случае, когда нажата кнопка, все светодиоды гаснут. Светодиоды имитируют работу двигателей, кнопка отвечает за остановку.

### Заключение

В данной работе была разработана и протестирована системы управления инвалидной коляской при помощи электрических сигналов головного мозга. Недостатком данной системы является отсутствие обработки электрических сигналов головного мозга в реальном масштабе времени. Также, данная система требует настройки для каждого отдельного пользователя индивидуально, что включает в себя запись наборов данных и обучение искусственной нейронной сети, так как волны, вырабатываемые головным мозгом, у каждого человека отличны от других. Планируется дальнейшее развитие данной системы, включающее обработку электрических сигналов головного мозга в реальном масштабе времени, а также непосредственную работу системы с использованием двигателей.

### Список использованных источников

1. Google Self-Driving Car Project [Электронный ресурс] / URL: <https://www.google.com/selfdrivingcar/>
2. Phantom 4 [Электронный ресурс] / URL: <http://www.dji.com/product/phantom-4>
3. Wheelchair Makes the Most of Brain Control [Электронный ресурс] / URL: <https://www.technologyreview.com/s/420756/wheelchair-makes-the-most-of-brain-control/>
4. Mind Controlled Drones Are Already A Reality [Электронный ресурс] / URL: <http://www.businessinsider.com/drones-you-can-control-with-your-mind-2014-10>
5. Mind over mechanics [Электронный ресурс] URL / [http://discover.umn.edu/news/science-technology/brain-computer-interface-allows-mind-control-robots?utm\\_source=youtube&utm\\_medium=uofmn&utm\\_campaign=social-media](http://discover.umn.edu/news/science-technology/brain-computer-interface-allows-mind-control-robots?utm_source=youtube&utm_medium=uofmn&utm_campaign=social-media)
6. Quadcopter control in three-dimensional space using a noninvasive motor imagery-based brain-computer interface [Электронный ресурс] / URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-2560/10/4/046003?fromSearchPage=true>
7. Brain Waves – Overview of The Science Behind Neuro-Programmer [Электронный ресурс] / URL: <https://www.transparentcorp.com/products/np/brainwaves.php>
8. TensorFlow [Электронный ресурс] / URL: <https://www.tensorflow.org>

## ENERGY ANALYSIS OF A SOLAR ARRAYS DEPLOYMENT PROCESS AT GROUND TESTS OF MECHANICAL DEVICES ON ACTIVE GRAVITY COMPENSATION SYSTEMS

S.A. Majkov, I.K. Shpyakin

A.V. Voronin

National Research Tomsk Polytechnic University

e-mail: sam10@tpu.ru

### Introduction

Creation of the modern spacecraft large-scale transformable structures, such as solar arrays and antennas, involves ground testing of their functions on the special test workbenches, which simulate weightlessness conditions with high accuracy. The workbench should provide the development process in the ground conditions with the lowest possible level of interaction with the test structure for minimal energy loss. The most perspective workbenches in this regard is the active gravity compensation systems (AGCS) with the trolley tracking actuator systems and the automatic control systems of gravity compensation forces in the suspension cables [1].

Figure 1 schematically shows a general view of the workbench for ground testing of the mechanical devices of the deployment solar arrays. The mechanic part of the workbench is a trolley system with cable suspensions, which moves in a horizontal plane and tracks the movements of the panels, frames and bars during deployment process.

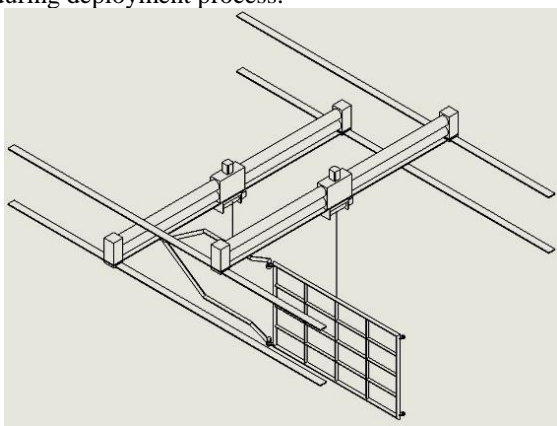


Fig. 1. The scheme of the solar array gravity compensation on operation position

The workbench includes the next base devices:

- The trolleys of the longitudinal-transverse movements and the gravity compensation, which are the main electromechanical assemblies of the AGCS and used for compensating the weight of suspended solar array elements in their longitudinal and transverse movements of deployment process.
- The profile rail double guides for the longitudinal movement of the trolleys.
- The two-coordinates sensors of a suspension cables deviation concerning a vertical.
- The tensile force sensors of the suspension cables.

The gravity compensation of each deploying solar array element is provided by the two tracking systems and automatic control stabilization systems (ACSS). The tracking systems support the vertical position of the suspension cable during the deployment process. The ACSS supports the minimum delta between the solar array element weight and the tension power of the suspension cable.

The current practice of design and maintenance of such systems assumes a modelling system, which allows analyzing the collaborative work of the workbench and the solar array, counting their kinematic and dynamic characteristics, assessing the accuracy and quality of the weightlessness simulation.

In this paper, we present an example how information can be obtained from the modelling system and put into practice relative to the real spacecraft structure.

### Energy analysis basics

Ground testing of the transformable structures involves authenticity assessment of the results. Energy characteristics sufficiency of bearing elements, which provide deployment of structures, is one of the important results. Besides, the most valuable characteristics are the peak forces and moments of the structure. Their excessive values might be failure cause of the solar array elements.

The results of testing would be convincing enough if we knew that the processes of the testing object are alike as in-space system processes. In other words, the environment does not have significant impact on energy performance of the structure. This requirement is set as maximum relative energy loss limit, which is related to testing structure and environment interaction.

Let us add a parameter which evaluates energy loss during development process of the solar array. Assume that kinetic energy of the free mechanical system  $E_1(t)$  is known at any specific time. This value can be calculated by mathematical model of the free mechanical system development in weightlessness conditions. Kinetic energy  $E_2(t)$  of the workbench and solar array can be calculated by modelling system. Otherwise, it can be obtained from an experimental data of ground testing by evaluating linear and angular velocities and forces of each solar array element and joint. Difference between these values  $\Delta E(t) = E_1(t) - E_2(t)$  determine a dependence of the solar array kinetic energy from the environment in time. Relative energy loss can be found as follows:

$$k(t) = \Delta E(t) / E_1(t) \quad (1)$$

Equation (1) characterizes relative energy loss of the mechanical system during ground testing from the free mechanical system in weightlessness conditions.

Equation (1) characterizes relative energy loss of the mechanical system during ground testing from the free mechanical system in weightlessness conditions.

#### Evaluation of the workbench energy

Solar array is a holonomic system with  $n$  degrees of freedom. It consists of elements which we are represented as solid bodies with known mass-inertia parameters [2]. Each of them connected to one another as kinematic pair of fifth class. Kinetic energy of the mechanical system  $W$  is a kinetic energy sum of every element  $W_i$ :

$$W = \sum_{i=1}^n W_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Figure 2 shows kinematic scheme of solar array in process of deployment in the horizontal plane. Let us assume that angles  $\varphi_i, i = \overline{1, 4}$  are generalized coordinates.

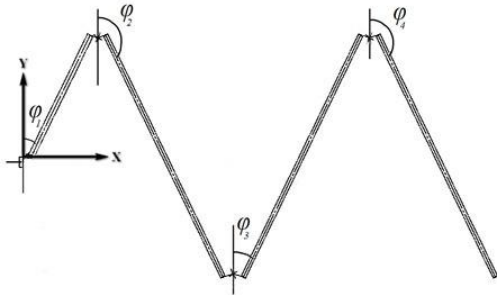


Fig. 2. General arrangement of solar array

First element performs rotational movement according to (3). The other elements of the system a plane-parallel movement according to (4).

$$W_1 = J_1 \frac{\dot{\varphi}_1(t)^2}{2}, \quad (3)$$

$$W_i = J_i \frac{\dot{\varphi}_i(t)^2}{2} + m_i \frac{V_i(t)^2}{2}, \quad i = \overline{2, 4}, \quad (4)$$

where  $J_1$  – first solar array element (shaft) moment of inertia relative to axis of rotation,  $J_i$  – central moments of inertia,  $\dot{\varphi}_i(t)$  – angular velocity of each element,  $m_i$  – mass of each element,  $V_i(t)$  – linear velocity of each element center of mass.

Let us assume that each element, except of first, performs only plane-parallel movements and can be represented as simple rods, which have following moments of inertia:

$$J_1 = \frac{1}{3} m_1 l_1^2, \quad (5)$$

$$J_i = \frac{1}{12} m_i l_i^2, \quad i = \overline{2, 4}. \quad (6)$$

Information about angular and linear velocities is taken from the results of solar array deployment modeling by Matlab/Simulink.

As an example, figure 3 shows the total kinetic energy values in two variant of modeling with different conditions. First curve (blue) represents modeling during ground tests. Second curve (red) represents solar array deployment in weightlessness conditions. Third curve (green) represents energy difference between in-space and ground conditions.

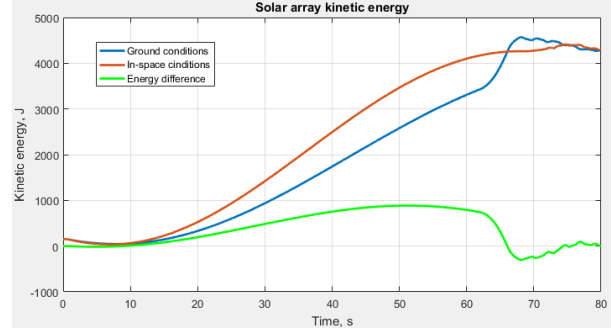


Fig. 3. Total kinetic energy values of solar array deployment in-space and ground conditions

Figure 3 shows that until solar array are completely deployed and locked (65 second) system movement is happening with incremental energy loss. At the moment of locking energy loss has reached 15%.

Energy loss is not significant after full deployment and it approaches to zero during oscillation damping of solar array.

#### Conclusions

On that stage of AGCS modeling the results show how aerodynamic, gravity forces and workbench itself affect the process of solar array deployment. The results would be used to determine AGCS model adequacy relative to real the workbench. Almost every bit of information might be obtained from AGCS model the way kinematic energy values was taken.

#### References

1. Verkhoglyad A. G., Makarov S. N., Mikhalkin V. M., Stupak M. F., Shevlyakov A. V. Automatic gravity compensation system for large-size transformable constructions during deployment // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroenie*. 2016. Vol. 59, N 2. P. 134—142 (in Russian).
2. I.K. Shpyakin, Modeling of a Solar Arrays Deployment Process at Ground Tests of Mechanical Devices on Active Gravity Compensation Systems / S.A. Maykov, A.M. Malysenko, A.V. Voronin // 2nd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC 2017), Vladivostok, Russia, 25-29 September, 2017 (Unpublished).



## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА РАСПОЗНАННЫМИ ПО ВИДЕОПОТОКУ ОБЪЕКТАМИ

А.А. Волков, А.А. Войцеховский

А.Ю. Зарницын, Б.И. Пякилля

Томский политехнический университет  
aav38@tpu.ru

### **Аннотация**

Одной из задач при анализе видеопотока является задача слежения за объектом. В случае слежения за объектом выбирается нужный объект путём его выделения. Далее задача алгоритма состоит в верном выделении объекта на следующих кадрах объекта.

Существующие алгоритмы располагают только апостериорной информацией, полученной из выделенного оператором объекта, и имеют ряд недостатков, обусловленных отсутствием знаний об объекте слежения. Это в первую очередь связано с постановкой задачи.

Суть данной работы заключается в доработке одного из существующих алгоритмов слежения, решающего задачу слежения наилучшим образом, путём добавления к нему модуля знаний об объекте слежения. Модуль знаний будет представлять собой искусственную нейронную сеть, которая будет обучена классифицировать объекты на кадрах видеопотока и корректировать работу алгоритма слежения.

Для отработки данной идеи была использована библиотека компьютерного зрения OpenCV, в которой уже реализовано большинство необходимых функций.

Данную программу возможно доработать для решения задачи управления мобильным роботом путём установки взаимосвязи между относительным положением объекта и дальнейшей выработки алгоритма слежения.

### **Способы слежения, их преимущества и недостатки.**

Отыскивать объект на видео возможно двумя способами: распознаванием и слежением. В случае распознавания, программе известно, как выглядит объект слежения, и она последовательно проверяет части изображения с целью найти похожие объекты. Недостатком такого подхода является невозможность следить за объектом в случае его частичного или полного перекрытия, а также если внешний вид объекта слежения сильно меняется.

Для слежения необходимо в начальный момент времени выделить объект и дальше он будет программа будет отслеживать объект оценивая оптический поток, который характеризует относительное изменение положение объектов на следующем кадре видео. Так как известно где находился объект в предыдущих кадрах, то известна скорость и направление движения объекта. Используя эти данные возможно с

большой точностью предсказать следующее положение объекта. В случае кратковременной потери объекта слежения из поля зрения объектива программа уже не сможет работать.

Анализ вышеназванных недостатков позволил выработать решение, заключающиеся в использовании комбинированного метода.

В начальный момент времени выделяется объект слежения и затем классификатор обучается по данному изображению объекта и по следующим, которые были получены алгоритмом слежения по относительному смещению объекта слежения. В итоге классификатор обучается на конкретном объекте слежения, что позволяет добиться лучшего распознавания в данных условиях. Данный способ требует постепенного изменения внешнего вида и не способен обрабатывать резкое изменение освещения.

### **Существующие алгоритмы слежения**

Большая часть алгоритмов слежения реализована в библиотеке компьютерного зрения OpenCV, которая имеет большой набор функций для работы с изображениями и видеопотоком. Для данного исследования были выбраны те алгоритмы, которые имеют наибольшую точность и скорость работы. Ниже приведена краткая характеристика каждого из алгоритмов, а также их достоинства и недостатки.

#### 1) MIL (Multiple Instance Learning).

Данный алгоритм использует текущее положение объекта как положительный пример для обучения классификатора, а также несколько частей изображения, которые по размеру равны объекту и находятся в небольшой окрестности рядом с текущем положением объекта, как потенциально положительные примеры. Таким образом, если текущее положение объекта слежения неточно, то существует шанс того, что положительный пример с верным текущим положением объекта находится в наборе потенциально положительных [1]. Устойчиво работает при частичном перекрытии объекта, но при кратковременном полном перекрытии алгоритм теряет объект слежения.

#### 2) TLD (Tracking, Learning, Detection).

Исходя из названия можно определить, что данный алгоритм декомпозирует долговременное слежение в три компоненты: кратковременное слежение, обучение и распознавание. Модуль слежения покадрово сопровождает объект. Модуль распознавания корректирует модуль слежения,



если это необходимо. Модуль обучения аккумулирует все изображения объекта и стремится снизить ошибку.

Среди достоинств стоит отметить работу в реальном масштабе времени, стабильность к долговременным перекрытиям объекта слежения и устойчивое определение изменения масштаба объекта слежения.

### 3) GOTURN.

Данный алгоритм основан на применении сверточной нейронной сети, которая уже обучена на большой выборке различных объектов. На каждом кадре нейронная сеть стремится найти выбранный в начальный момент времени объект. Причем объект слежения должен принадлежать к классам объектов, которые нейронная сеть способна распознать.

К достоинствам данного алгоритма стоит отнести верность определения потерю объекта. К недостаткам нужно отнести низкую устойчивость слежения в случаях заслонения объекта.

### **Описание и принцип работы улучшенного алгоритма**

Оценив существующие алгоритмы слежения, было решено выбрать в качестве базового алгоритм TLD.

Для классификации объекта, а также определения его положения на кадре было решено использовать сверточную нейронную сеть. Данный вид нейросетей позволяет получить наилучшие результаты при распознании изображений [4]. Кроме того, сверточная нейронная сеть имеет меньше настраиваемых параметров, чем аналогичные по точности архитектуры. Это позволяет снизить риски переобучения, а также ускорить процесс обучения.

Нейронная сеть имеет следующую архитектуру:

1. Входной слой размерности 100x100x3;
2. Слой свертки с 32 фильтрами, ядром 3x3 и функцией активации ReLU;
3. Слой объединения (pooling) с ядром 3x3;
4. Слой свертки с 64 фильтрами, ядром 3x3 и функцией активации ReLU;
5. Слой объединения с ядром 3x3;
6. Слой свертки с 96 фильтрами, ядром 3x3 и функцией активации ReLU;
7. Слой объединения с ядром 3x3;

Далее идут пять ветвей с полносвязными сетями:

- Ветвь классификации – один полносвязный слой из 256 нейронов с функцией активации ReLU и слой из трех нейронов с функцией softmax;
- Четыре ветви координат – в каждой два полносвязных слоя из 256 нейронов с функцией активации ReLU и выходной слой из одного нейрона с линейной функцией активации.

На вход сети подается изображение с тремя

цветовыми каналами (RGB), которое предварительно подвергается процедуре изменения размера до 100x100 пикселей. На выходе у сети четыре параметра: класс объекта, координаты верхнего левого угла, ширина и высота захватывающей рамки (bounding box).

При обучении нейронной сети для уменьшения переобучения был выбран метод dropout [5]. Его суть заключается в случайном обнулении заданного процента от всех весов слоя в процессе обучения. Эта часть нейронов не обучается в момент своей неактивности, следовательно, сеть не обучается на случайных шумах в данных.

Архитектура выбрана эмпирическим путем, основываясь на существующих архитектурах сверточных нейронных сетей для решения подобных задач.

Принцип работы алгоритма следующий. Начальный кадр видео обрабатывается нейронной сетью, которая классифицирует объекты на кадре и определяет положение объекта слежения. Далее эта информация поступает на алгоритм TLD, который осуществляет слежение за объектом. Через небольшие интервалы времени сравниваются положения объекта, полученные при помощи алгоритма TLD и нейронной сети. Если различие превышает порог, то алгоритму TLD указывается новое положение объекта слежения, которое было определено нейронной сетью.

### **Вывод**

В ходе данной работы был разработан алгоритм слежения за объектами двух классов: теннисные мячи и бумажные стаканчики. Его точность и устойчивость работы оказались выше, чем у имеющихся в библиотеке OpenCV.

### **Список использованных источников**

1. Boris Babenko, Ming-Hsuan Yang, Serge Belongie, "Robust Object Tracking with Online Multiple Instance Learning", IEEE TPAMI, 2011
2. Zdenek Kalal, Krystian Mikolajczyk, Jiri Matas, "Tracking Learning Detection", IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 6, no. 1, 2010
3. David Held, Sebastian Thrun, Silvio Savarese, "Learning to Track at 100 FPS with Deep Regression Networks", European Conference on Computer Vision (ECCV), 2016
4. Nitish Srivastava "Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting", Journal of Machine Learning Research, no. 15, 2014
5. Yann LeCun, Yoshua Bengio "Convolution Networks for Images, Speech, and Time-Series", The handbook of brain theory and neural networks, pp 255-258.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ ДОСТУПА К ЖИЛОМУ ПОМЕЩЕНИЮ

Афанасьев Н.А., Апалишин В. С., Панышин Г. Л.  
Научный руководитель – Панышин Г. Л.  
кафедра АиКС, Томский политехнический университет  
[naa14@tpu.ru](mailto:naa14@tpu.ru)

### Введение

Домофон — электронная система, состоящая из устройств, передающих сигнал от вызывного блока к переговорному устройству.

Домофонная система является вариантом систем ограничения доступа. Домофонные устройства подразделяется на одноабонентные и многоабонентные. Они могут быть оборудованы автоматически запирающими устройствами (АЗУ) как электромеханического, так и электронного типа. По способу передачи связи: проводной или по радиосигналу. Наиболее сложные по оснащению домофоны служат для обеспечения безопасности проживающих граждан и сохранности их имущества и устанавливаются на подъезды многоквартирных домов.

### Описание решения

Сейчас практически у каждого человека дома установлен домофон. Их разновидностей с каждым годом становится все больше и больше: видео, аудио, цветные, черно-белые, многоквартирные, индивидуальные и т. д. Главная функция всех домофонов одна – связь между хозяином и гостем.

В домофоне сигнал по проводам передается к домофонной трубке, и хозяину приходится идти к ней, чтобы ответить на звонок. Предлагаемое в рамках настоящей работы решение – Вездефон – позволит решить данную проблему, открытие двери можно будет подтвердить с помощью мобильного телефона. Разрабатываемая система обладает высокой степенью актуальности для людей с ограниченными возможностями. Она позволит встретить гостя, открыть подъездную дверь, а затем и внутреннюю квартирную всего тремя нажатиями на экран или с помощью голосовой команды.

При внедрении предлагаемой разработки потребность в домофонной трубке у пользователя отпадает. Как следствие, появляется возможность сокращения издержек на установку домофонного оборудования, т. к. не требуется тянуть провода и устанавливать домофонную трубку в каждую квартиру. На сегодняшний день стоимость установки домофона на российском рынке в расчете на один подъезд может достигать 150 тысяч рублей.

Другой значимой проблемой является безопасность. По статистике злоумышленники попадают в жилое помещение следующими путями:

- Выбивание и взлом сердцевины замка – 38%;

- Проникновение через балкон или форточку – 17%;
- Выбивание и взлом двери – 14%;
- Подбор ключа без повреждения замка – 13%;
- Свободный доступ (родственники, знакомые) – 9,9%;
- Не установленным способом – 5%;

Кроме того, на сегодняшний день большинство дверей подъездов могут быть открыты ключами вездеходами. Вездефон, благодаря использованию микроконтроллера, имеет большую защищенность:

- Присутствует возможность вызова охраны;
- Запрет на использование ключей вездеходов;
- Отсутствует возможность имитации нахождения в жилом помещении;
- Пользователь может впустить уборщицу или гостя из любой точки мира;
- Индивидуальные номера вызовов для всех обитателей квартиры задаются заранее;
- Управление домофоном осуществляется через SMS-команды или диспетчера.

Вызов абонентов будет происходить через панель вызовов NUMPAD. При наборе номера квартиры вызов будет уходить на мобильный номер ее хозяина (модератора). В случае отсутствия ответа на данный вызов идет переадресация другим жильцам квартиры.

Персональные вызовы возможны по схеме \* (номер квартиры) (номер человека). В этом случае вызов будет переадресовываться именно определенному человеку с правами пользователя.

Помимо модератора и пользователя будут люди с правами администратора, а именно председатель дома и сервисная поддержка. В случае взлома домофона и открытия без ключа, а также нажатия кнопки, администраторы будут получать уведомление и смогут вызвать охрану.

Варианты внедрения Вездефона: «с нуля», «взамен», «в дополнение». Рассмотрим их более подробно:

1. **С нуля** (рис.1). Вместо монтажа обычного домофона производится монтаж Вездефона. Оснастка остается от стандартного домофона, но всем управляет специальный блок Вездефона



Рис. 1. Схема подключения «С нуля»

2. **Взамен** (рис.2). Вместо блока стандартного домофона, устанавливается блок Вездефона, панель вызова остается от предыдущего домофона.



Рис. 2. Схема подключения «Взамен»

3. **В дополнение** (рис.3). Вместо домофонной трубки устанавливается Вездефон. При вызове, его блок передает вызов на сотовый телефон пользователя.



Рис. 3. Схема подключения «В дополнение»

В таблице 1 представлен конкурентный анализ. Вездефон обладает следующими основными преимуществами: (1) быстрый монтаж, (2) может использоваться всем подъездом, (3) может вызывать охрану и информировать о взломе, (4) имеет 128 битное шифрование.

Таблица 1. Сравнение с аналогами

Параметры	Вездефон	Кристал GSM-02	Спецлаб	Визит
Возможность внедрения	3 вида	В дополнении	Взамен	С нуля
Количество абонентов	Любое	1	1	Любое
Вызов охраны / милиции	✓	✗	✗	✗
GSM-управление	✓	✗	✓	✗
128 битное шифрование ключей	✓	✗	✗	✗
Больше 1 номера на квартиру	✓	✗	✗	✗
Сигнал о взломе	✓	✗	✗	✗
Цена	2000	8000	11000	150000

Проект планируется реализовывать на микроконтроллере ATmega 328 PU и GSM/GPRS модуле Sim 900. План реализации проекта можно разделить на 4 этапа. Первые три этапа – разработка и создание каждого из вариантов внедрения. Заключаящим этапом будет являться работа по сборке всех трех схем в единое целое. Для каждого варианта установки система будет иметь 3 порта подключения.

В будущем, в зависимости от направления развития проекта, планируется:

- переход от микроконтроллера на ARM процессор;
- поддержка месенджеров;
- ввод сенсорных экранов;
- возможность звонков между соседями;
- установка UNIX сервера;
- реализации поддержки SIP;
- реализация видеозвонков.

### Заключение

Применение Вездефона повысит безопасность подъезда, а также жилого помещения, избавит пользователя от потребности вставать и идти к трубке, когда к нему приходят посетители; даст возможность управлять домофоном людям с ограниченными возможностями.

### Список использованных источников

1. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. ]-URL:<http://arduino.cc> (дата обращения 15.10.2016).
2. Brian W. Evans. Arduino Programming Notebook.- Pubished: First Edition August 2007.
3. Электронная энциклопедия [Электронный ресурс]. –URL: <http://ru.wikipedia.org> Режим доступа: свободный (дата обращения 14.10.2016).
4. Уилли Сомер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. – Санкт-Петербург, 2012. – 256.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА IGBT-МОДУЛЕЙ

Апалишин В. С., Афанасьев Н. А.

Научный руководитель – д. т. н. Шилин А. А.

Томский политехнический университет

prince\_tails@mail.ru

### Введение

Транзистор – электронный полупроводниковый прибор, в котором ток в цепи двух электродов управляется третьим электродом[1]. Транзисторы необходимы, чаще всего, для усиления электрических сигналов.

Разделяют два типа транзисторов:

- биполярные;
- полевые.

Отличаются эти два вида транзисторов принципом действия: выходной сигнал биполярных транзисторов управляется входным током, полевых – входным напряжением или электрическим током.

IGBT транзистор – полностью управляемый полупроводниковый прибор, в основе которого трёхслойная структура. Его включение и выключение осуществляются подачей и снятием положительного напряжения между затвором и истоком[2].

Его входные характеристики подобны входным характеристикам полевого транзистора, а выходные – выходным характеристикам биполярного.

### Принцип работы IGBT-модулей

Упрощенная эквивалентная схема IGBT-транзистора представлена на рисунке 1.

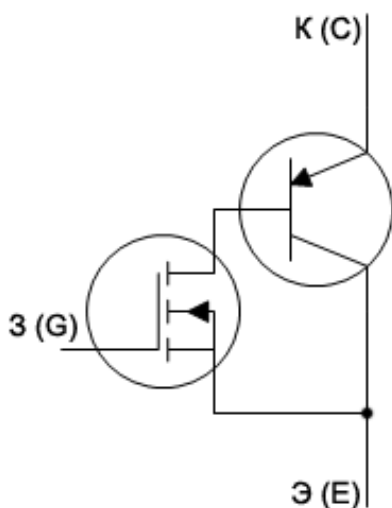


Рис. 1. Упрощенная эквивалентная схема IGBT-транзистора

Объединив положительные качества биполярных и полевых, с изолированным затвором, транзисторов появился весьма достойный переключающий элемент – IGBT. Полевой транзистор с n-каналом фактически

служит усилителем тока с большим усилением, и хорошо открывает связанный с ним биполярный транзистор, который служит силовым в данной паре.

IGBT применяются в электроприводах, начиная от небольших электроинструментов вплоть до электровозов. То, что они работают в области не очень высоких частот, в отличие от Mosfet, избавляет от множества проблем, связанных с паразитными индуктивностями и емкостями – управляющий транзистор в такой структуре чувствует себя вполне комфортно, его частота переключений сравнительно невелика. Значит, легче перезаряжать затворную емкость. Большой проводимости от него, в данном случае, не требуется. Выходной p-n-p биполярный транзистор устроен таким образом, что выдерживает большое обратное напряжение и может работать в инверсном режиме. Простота управления IGBT и область безопасной работы оказались гораздо выше, чем у биполярных транзисторов.

Транзисторы IGBT крайне редко применяются в одиночном варианте и, как правило, их используют в модульных вариациях. Модульное использование проще и компактнее использовать в изделиях.

Очень важной функцией IGBT-модулей является возможность наращивать мощность частотных преобразователей, инверторов без больших материальных затрат[3].

Со схемой управления IGBT-модули связываются при помощи драйверов, так как встроенных драйверов модули не имеют. Это специальные интегральные схемы, которые позволяют эффективно управлять затворами IGBT и выжать из них максимальную эффективность. Необходимость в драйверах заключена в снижении, до предела, времени переключения IGBT, приблизив к идеальному ключу.

### Проблемы IGBT-модулей

Хоть IGBT-модули имеют ряд преимуществ, они не идеальны и тоже, как и любые приборы, подвержены поломке. Проблемы могут быть как и в самих модулях при эксплуатации из-за износа модуля, так и в драйверах управления.

Одни из причин выхода из строя IGBT-модулей являются:

- сбой в системе управления\ложное включение драйвера в результате электромагнитной помехи;
- неисправность драйверов, что может привести к короткому замыканию;



- ненадежные контакты в цепи управления (обрыв цепи);
- воздействие сквозного тока (повреждение кристаллов модуля);
- перегрев модулей;
- повреждение диодов из-за воздействия длительного тока перегрузки;
- пробой затвора и др.

На рисунке 2 представлена фотография модуля под воздействием одной из причин поломки – повреждение кристаллов IGBT в результате перегрева модуля.



Рис. 2. Повреждение кристаллов IGBT в результате перегрева [4]

Большинство перечисленных причин можно предотвратить правильной эксплуатацией модулей, но часть проблем тяжело диагностируется. Ремонт модулей крайне проблематичен. Часто модули одновременно используются не в одном экземпляре, и существует проблема диагностирования конкретного модуля. Менять все модули сразу может быть слишком затратное для компании, как и отправлять модули компаниям-производителям, т.к. производители модулей, в основном, находятся за рубежом.

Российский рынок IGBT-модулей слишком скудный, очень мало компаний изготавливают самостоятельно эти модули. Это можно списать на сложность производства, т.к. детали очень чувствительны, и наладить полностью безопасное производство может быть проблематично. Также отсутствуют установки для оценки качества этих модулей и чтобы производить модули самостоятельно, придется разработать такую установку.

Установки для оценки качества IGBT-модулей должны считывать основные параметры для контроля и проверки их соответствия нормативным документам. Также установка должна проводить практическую проверку модуля, сравнивая вольт-амперную характеристику текущего образца с заведомо идеальным образцом.

Создание подобных установок могут дать дополнительный толчок к появлению компаний, которые будут создавать свои IGBT-модули и, следовательно, это позволит создать в России

собственный рынок производства модулей с перспективой экспорта.

### Заключение

В статье были рассмотрены основные типы транзисторов: биполярные и полевые. Глубже был рассмотрен IGBT-транзистор, принцип его работы, комплектацию IGBT-транзисторов в модули, их проблемы и возможные пути решения. Одним из решений было предложено создание установки для оценки качества модулей и описаны предполагаемые функции установки.

В статье подмечено, что создав установку для оценки качества IGBT-модулей, можно подтолкнуть производителей полупроводников в России к массовому производству модулей, тем самым развить Отечественный рынок.

### Список использованных источников

1. Биполярные транзисторы. For dummies // Geektimes [Электронный ресурс]. – URL: <https://geektimes.ru/post/253730> (дата обращения 18.08.2017).
2. Рогачев К. Д. Силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) // Справочник по электронным компонентам [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/igbt/transistor.htm> (дата обращения 22.08.2017).
3. Модуль IGBT для частотного преобразователя, эксплуатация на практике // Частотный преобразователь [Электронный ресурс]. – URL: <http://chistotnik.ru/igbt-modul-dlya-chastotnika.html> (дата обращения 23.08.2017).
4. Бормотов А., Мартыненко В., Мускатиньев В. Некоторые вопросы эксплуатации IGBT-модулей // Рынок микроэлектроники [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/05\\_05/stat\\_116.htm](http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/05_05/stat_116.htm) (дата обращения 23.08.2017).



## РАЗРАБОТКА APRS ТРЕКЕРА

Кан. Д. В., Рудковский Д. Н.

Научный руководитель – д. т. н., директор ИНК, Борилов В. Н.  
кафедра ТПС, Томский политехнический университет  
dikey95@bk.ru, dnr3@tpu.ru

### Введение

В марте 2016 года Томским политехническим университетом (ТПУ) с помощью ракеты-носителя «Союз-2.1а» на борт МКС был доставлен малый космический аппарат «Томск-ТПУ-120». Для обеспечения связи со спутником было необходимо решить задачу разработки и изготовления радиостанции, обеспечивающую постоянный контакт, а также вести работу с другими космическими аппаратами и наземными абонентами.

### Актуальность

Цель работы – проектирование и разработка портативного центра управления полетами (ЦУП) для связи со сверхмалыми космическими аппаратами, имеющими встроенную навигационную систему APRS (Automatic Packet Reporting System).

Значимость работы заключается в разработке доступной системы связи с небольшой стоимостью в условиях отсутствия телекоммуникационной инфраструктуры.

В будущем планируется уменьшить стоимость портативного ЦУП ТПУ, упростить производство его узлов, уменьшить массу и габариты.

### Основная часть

В настоящее время разработан рабочий прототип. Комплекс представляет собой портативную версию стационарного ЦУП, в котором присутствуют компьютер или планшет, USB концентратор, модем для связи с сетью Интернет, звуковой смеситель, усилитель звука, SDR приемник, система бортового питания, трансивер, APRS трекер, антенна.

Представим алгоритм работы портативного ЦУП:

1. С помощью SDR приемника производится сканирование необходимого для определенного спутника диапазона частот. Диапазон частот визуализируется в виде звукового «водопада» в программе SDRSharp. Точная частота, на которой вещает спутник, задается в радиостанции вручную оператором, так как портативные радиостанции не поддерживают режим установки необходимой частоты с помощью внешних устройств.

2. Антенный комплекс устанавливается в необходимое положение угла азимута и элевации. По ходу движения спутника по своей траектории необходимо постоянно производить поправки углов поворота относительно магнитного севера и горизонта. Точные углы поворота можно узнать в программе Orbitron, предназначенной для

отслеживания местоположения, времени прибытия и времени нахождения спутника в поле видимости.

3. Сигнал, полученный со спутника, в аудио смесителе разделяется на несколько каналов, один из которых сразу подключается к динамикам или наушникам, а другой поступает в USB аудио карту, которая передает сигнал в ПК. Звуковой сигнал, в зависимости от вида данных, либо записывается на носитель, либо декодируется с помощью специального ПО в массив данных.

4. При передаче сообщения спутнику или абоненту необходимо перевести радиостанцию в режим передачи радиосигнала. Выполнить данное действие можно либо вручную, либо с помощью электронного ключа в аудио смесителе, который можно запрограммировать с помощью ПК.

Для сборки портативного ЦУП была выбрана следующая номенклатура оборудования:

- планшет Irbis TW48;
- SDR приемник на чипе RTL2832u;
- APRS трекер;
- радиостанция Baofeng UV-5R;
- антенна YAGI для диапазона частот 144 MHz;
- USB аудиокарта;
- USB концентратор;
- Источник питания и зарядки комплекса;

В дальнейшем, на основе радиоэлементов и печатной платы, разработанной в САПР DipTrace, была построена трехмерная модель APRS трекера (см. рис. 1), а затем оно был произведен опытный образец.

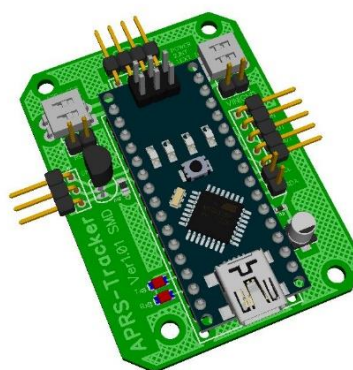


Рис. 1. - 3D модель APRS трекера

Полученная модель была экспортирована в T-Flex CAD и на основе размеров и формы полученного устройства был разработан корпус для печатной платы, который можно крепить к портативной радиостанции с помощью стандартных креплений. Данный корпус позволяет печатному узлу получать напряжение питания непосредственно с радиостанции благодаря

металлическим контактам на обратной стороне, что, с одной стороны, уменьшает масса-габаритные параметры устройства, а с другой, уменьшает время автономной работы и APRS трекера, и радиостанции. Это может негативно сказаться на полезности устройства при длительном отсутствии возможности зарядить устройство.

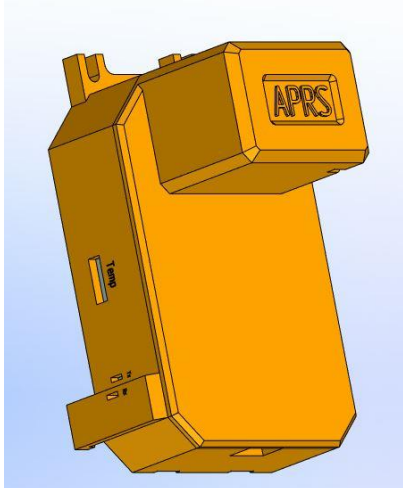


Рис. 2. 3D модель корпуса APRS трекера

После разработки корпуса была обнаружена проблема: при изготовлении данного корпуса с помощью технологии 3D печати присутствуют трудности с печатью выступающих частей корпуса – нижних скоб корпуса и втулок крепления крышки к корпусу. Данную задачу можно решить использованием печати с поддерживающими структурами, с помощью приклеивания выступающих элементов к корпусу или изменив конструкцию корпуса.

Немаловажным аспектом является маркировка и цветовая палитра корпуса трекера. Так как устройство во время проведения работы может быть утеряно, то оно должно быть окрашено в яркие цвета. Наиболее подходящим является оранжевый цвет, которым пользуются многие спасательные службы. Таким цветом окрашивается большая часть туристического оборудования и рабочая униформа. Также не стоит забывать об остросоциальной в настоящее время проблеме, как терроризм. И для того, чтобы устройство не было признано правоохранительными органами как подозрительное, следует ярко выделить его, а также вывести на корпус максимальное количество информации о его предназначении.

Пиктограмма радиоволн на корпусе устройства указывает на местоположение крепления антенны GPS и направление принятия сигнала со спутников GPS. Для наилучшего принятия сигнала устройство должна быть направлена строго вверх и иметь прямую видимость со спутниками.

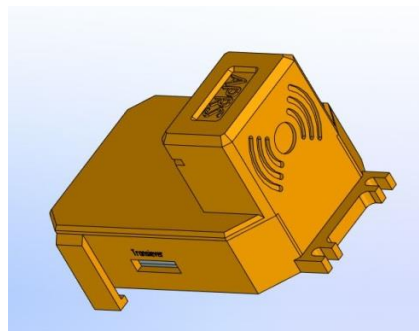


Рис. 3. 3D модель APRS трекера

#### Заключение

Итоговый результат: разработаны структура портативного центра управления полетами Томского политехнического университета, принципиальная схема навигационного APRS трекера и источника автономного питания, топология печатной платы для APRS трекера, а также трехмерные модели его корпуса и антенны.

В будущем планируется проведение работ по снижению стоимости портативного ЦУП ТПУ, упрощению технологии производства его узлов, а также уменьшению массы и габаритов.

#### Список использованных источников

1. Irbis TW48 – [Электронный ресурс]: (<http://irbis-digital.ru/tablets/tw48/>)
2. National Instruments Software Defined Radio – [Электронный ресурс]: (<http://www.ni.com/ru-ru/shop/select/software-defined-radio-device>)
3. Baofeng UV-5R – [Электронный ресурс]: (<https://baofengtech.com/uv-5r>)
4. Realtek RTL2832U – [Электронный ресурс]: (<http://www.realtek.com.tw/products/productsView.aspx?Langid=1&PFid=35&Level=4&Conn=3&ProdID=257>)
5. Orbitron – система слежения за спутниками – [Электронный ресурс]: (<http://www.cqham.ru/orbitron.htm>)
6. SDRSharp – программа для работы с SDR приемниками – [Электронный ресурс]: (<http://www.rtl-sdr.com/tag/sdrsharp/>)
7. MMSSTV – [Электронный ресурс]: (<http://hamsoft.ca/pages/mmsstv.php>)
8. MixW – [Электронный ресурс]: ([http://mixw.net/index\\_rus.php](http://mixw.net/index_rus.php))
9. Audacity + Lame – [Электронный ресурс]: (<http://www.audacityteam.org/about/>)
10. APRS.fi – [Электронный ресурс]: ([https://aprs.fi/page/about\\_technical](https://aprs.fi/page/about_technical))
11. APRS-Sendebake mit Arduino-Bausteinen – [Электронный ресурс]: (<http://www.kh-gps.de/qaprs.htm>)
12. Политехники запустили учебный студенческий спутник накануне Дня космонавтики – [Электронный ресурс]: (<http://news.tpu.ru/news/2016/04/04/25035/>)
13. Arduino – [Электронный ресурс]: (<http://arduino.ru/>)

## СРАВНЕНИЕ ПРИЕМНИКОВ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ GEO++ GNSMART И ПРЕДЛОЖЕНИЕ МЕТОДОВ ВЫБОРА МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИЕМНИКОВ

Астахова А.С.

Научный руководитель: Сидоренко Н.Ю. (ООО «Газпром трансгаз Томск»)

Томский политехнический университет

[alinor\\_96@mail.ru](mailto:alinor_96@mail.ru)

### Введение

Использование систем спутниковой навигации является актуальным при слежении за смещением земной коры относительно наблюдаемого объекта. При использовании трубопровода необходимо наблюдение за смещением земной коры. В случаях возникновения смещения необходимо предупреждать аварийные ситуации. Для предотвращения опасных событий и вводят в эксплуатацию информационные системы по отслеживанию подобных ситуаций с использованием спутниковой навигации. Предприятие ООО «Газпром трансгаз Томск» использует информационную систему Geo++ GNSMART. Эффективная работа системы достигается с помощью выбора моделей приемников и их расположения на местности.

### Принцип работы спутниковой навигации

Спутниковые системы навигации используют одинаковые принципы для определения координат:

1. Передача спутником сигнала с известной позиции.
2. Измерение времени распространения радиоволн для вычисления позиции приемника.

Чтобы определить координаты приемника в трехмерном пространстве, необходимо использовать 4 спутника. Каждый из которых отвечает за долготу, широту, высоту, ошибку времени, на рис. 1 представлена схематичная конфигурация определения координат [1].

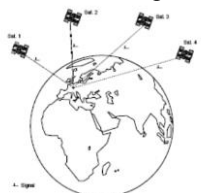


Рис. 1. Определение координат приемника

В систему спутниковой навигации входят 3 сегмента:

- Пространственный (система орбит и спутников).
- Управляющий (основная управляющая станция, наблюдающая за перемещениями спутников и контролирующая их).
- Пользовательский (приемники, получающие необходимую информацию и передающие ее следующим устройствам).

### Приемники предприятия в системе Geo++ GNSMART

Предприятие ООО «Газпром трансгаз Томск» в системе Geo++ GNSMART используются приемники IGS GR110 и NovAtel DL-V3. Но имеются приемники Trimble NetR9.

Был проведен сравнительный анализ приемников.

Наилучшие параметры имеют приемники Trimble Net R9:

- Количество каналов 440, что обеспечивает быстрое определение первоначального расположения, более высокую точность, отслеживание всех запущенных спутников (IGS GR110 – 120, NovAtel DL-V3 – 72).

- Высокая ударостойкость (выдерживает падения с высоты 2 м на твердую поверхность).

- Множество вариантов отслеживаемых спутников (GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5, ГЛОНАСС: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3, SBAS: L1C/A, L5, Galileo: GIOVE-A и GIOVE-B, E1, E5a, E5B, BeiDou (COMPASS): B1, B2, QZSS). IGS GR110 (GPS, ГЛОНАСС, SBAS, Galileo, GIOVE-A/GIOVE-B, Compass). NovAtel DL-V3 (GPS: 14 L1, 14 L2, 6 L5, ГЛОНАСС: 12 L1, 12 L2, SBAS L-band).

- Высокая точность в режиме RTK: 8 мм + 1 мм/км, по высоте: 15 мм + 1 мм/км (IGS GR110 – 10 мм + 1 мм/км, NovAtel DL-V3 – 12 мм + 1 мм/км).

- Хорошей точностью в статике – в плане: 3 мм + 0,1 мм/км, по высоте: 3,5 мм + 0,4 мм/км (IGS GR110 – в плане: 4 мм + 0,1 мм/км, по высоте: 3,5 мм + 0,4 мм/км, NovAtel DL-V3 – в плане: 5 мм + 0,1 мм/км, по высоте: 3,5 мм + 0,4 мм/км).

- Выбор коммуникационных портов – RS-232, DB9, Lemo 7, Mini B USB (хост/клиент), RJ45.

- Высокий выбор поддерживаемых форматов данных – CMR/CMR+ (опция), CMRx (опция), RTCM 2.1, RTCM 2.2, RTCM 3.0, RTCM 3.1

Приемники IGS GR110 обладают:

- Большим спектром частоты записи от 1 до 500 Гц (Trimble Net R9 – от 1 Гц до 50 Гц, NovAtel DL-V3 – 20 Гц).

- Небольшим весом – 0,31 кг.

- Отслеживанием спутников – GPS, ГЛОНАСС, SBAS, Galileo, GIOVE-A/GIOVE-B, Compass.

- Выбором коммуникационных портов – RS-232, RS-422, RS-485, CAN.

Приемники NovAtel DL-V3 обладают:

- Различным диапазоном рабочих температур – от -40°C до +75°C (Trimble Net R9 – от -40°C до +65°C, IGS GR110 – от -30°C до +70°C).

- Наличием встроенной памяти.

- Выбором коммуникационных портов – RS-232, RS-422, Bluetooth, Ethernet, USB.

- Большим выбором поддерживаемых форматов данных – RTCM SC-104 ver. 3.0, CMR ver. 3.0, CMR+, NMEA 0183 ver. 3.01, и RTCA DO-217.

Выигрывая по характеристикам, приемники Trimble Net R9 проигрывают в высокой стоимости аппаратных средств. Использование данных приемников невозможно без необходимого ПО, которое постоянно требует обновления.

#### Требования к расположению приемников

Важным условием спутниковых относительных измерений является одновременное наблюдение парой приемников одних и тех же спутников, для расчета расстояния между приемниками. Если один из приемников располагается на пункте с известными координатами, то можно точно определить относительно него координаты остальных приемников в этой же системе координат.

Роль опорного (базового) приемника проявляется в кинематических видах съемки, когда один приемник стационарно расположен на известной точке, а координаты остальных подвижных приемников определяются относительно него. Такой опорный приемник называется базовой станцией.

Базовый приемник устанавливается на бетонное основание, а подвижный на объект наблюдения.

К выбору места расположения постоянно действующих станций предъявляются определенные требования:

- Антенна базового приемника должна быть расположена в месте отсутствия помех для распространения спутниковых сигналов и надежно зафиксирована.
- Приемник должен располагаться в хорошо защищенном месте (в специальном металлическом шкафу, либо внутри охраняемого помещения), где имеется доступ к стабильному источнику питания.
- Приемник должен наблюдать 40% небесного свода
- Не должно быть поблизости источников магнитного поля или проводов[2].

#### Методы расположения приемников

Чем большая территория охватывается сетью, тем больше должно быть опорных пунктов. Если есть подозрение, что координаты опорного пункта ошибочны, также следует добавить опорные пункты. Чем больше опорных пунктов, тем больше избыточность, и тем легче выполнить проверку точности координат. Желательно, чтобы количество опорных пунктов составляло не менее 10% от общего количества пунктов в сети. На предприятии ООО «Газпром трансгаз Томск» ведется слежение за трубопроводом, расположенным в длину. Соответственно, метод коридора оптимальный для расположения приемников.

##### 1. Метод квадрантов

Если объект наблюдения расположен в ширину, то для эффективной работы системы, возможно использование метода квадрантов. Необходимо разделить наблюдаемую зону, в которой находится объект наблюдения на 4 части (рис. 2), получив 4 квадранта. В общем виде, если по периметру наблюдаемого объекта возможно разместить от 12 подвижных приемников на расстоянии 600 км друг от друга. Каждый из опорных пунктов должен

находиться на или вне области, охватывающей опорные станции. Каждый опорный пункт должен быть связан вектором базы, по меньшей мере, с тремя пунктами сети. Каждый третий определяемый пункт должен иметь минимум три независимых вектора базы.

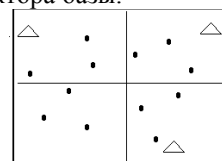


Рис. 2. Размещение пунктов сети методом квадрантов

##### 2. Метод коридора

Если сеть образует ход или коридор, два опорных пункта должны быть размещены на каждом краю области сети, а третий опорный пункт - посередине хода. Каждый опорный пункт должен быть связан вектором базы, по меньшей мере, с двумя пунктами хода, причем с ближайшими. Три вектора к каждому опорному пункту дадут достаточно информации для поиска данных. Каждый определяемый пункт должен иметь минимум два независимых вектора базы (рис. 3).



Рис. 3. Размещение пунктов сети методом коридора

#### Заключение

Для введения в систему приемников Trimble NetR9 необходима покупка дополнительного дорогостоящего ПО. Приемники IGS GR110 и NovAtel DL-V3 обладают хорошими техническими характеристиками, которые позволяют системе Geo++ GNSMART функционировать в полной мере, но покупая большее количество приемников.

Для оптимального расположения базовых и подвижных приемников друг относительно друга для предприятия ООО «Газпром трансгаз Томск» подходит метод коридора. Потому что объект, за которым происходит слежение (трубопровод), расположен в длину (образует коридор). С помощью этого метода можно отрегулировать оптимальное соотношение подвижных приемников и базовых, вследствие чего увеличится точность определяемых параметров.

#### Список использованных источников

1. Jean-Marie Zogg. Основы спутниковой навигации: Краткое руководство. Издание – 3. – Switzerland, 2007. – 132 с.
2. Яценко В.С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС, 2005. – 272 с.



## **ПРОВЕРКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАГАЮЩЕЙ МЕХАТРОННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МИНИСТЕРСТВА РФ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

Мяхор Д.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Александрова Т.В.  
ТПУ, MyDiAl2009@gmail.com

### **Введение**

Спасать жизни людей – сложное и ответственное, но чрезвычайно опасное призвание. Каждый день представители данной профессии рискуют получить травмы или даже умереть вследствие несчастного случая. Среди всех катастроф достаточно большой процент приходится на обвалы в шахтах и разрушение зданий. Первостепенная задача спасателя – объективная оценка обстановки, в которой проводится поисково-спасательная операция, так как от того, насколько будет качественно проведена подготовка, зависит безопасность, прежде всего, самих спасателей. В случаях, когда участие человека в проведении разведки недопустимо, оправдано использование дрона, который передаёт информацию об окружающей обстановке оператору, получающему удалённо сведения с камер и других датчиков. Таким образом, открывается возможность удалённого планирования операций, что приведёт к снижению риска для жизни спасателей. Однако, существует несколько нерешённых сложных задач, которые препятствуют эффективной работе подобных робототехнических систем: проблема создания робота, способного обладать достаточной проходимостью по сильно пересечённой местности и проблема получения необходимого количества информации для максимально подробной проработки плана спасательной операции. Именно решению этих задач посвящена данная научно-исследовательская работа.

### **Выбор платформы для создания дрона**

Как было сказано ранее, одной из острых проблем, на пути к созданию удалённо управляемого робота-разведчика, является сложность реализации устройства, обладающего достаточной проходимостью в условиях завалов.

В ходе исследования была рассмотрена возможность использования для дрона шести робототехнических платформ: антропоморфная (человекообразная), колёсная и гусеничная, гексапод (6 конечностей), паукообразная (8 конечностей), змеевидная, шарообразная.

Был проведён анализ платформ и выявлены их достоинства и недостатки [1]:

#### **Колёсные и гусеничные**

##### Достоинства:

- высокие скоростные показатели;
- лёгкое изменение траектории движения,
- плавность и равномерность движения,

- разворот на месте.

##### Недостатки:

- сложность преодоления препятствий с резким перепадом высоты (ямы);
- сложность преодоления препятствий выше уровня нижней трети колеса (уступ);
- движение только в двух направлениях, находящихся в плоскости колёс;
- сложность реализации перемещения в любом направлении с места без учёта разворота;
- сложность удержания горизонтальной ориентации корпуса на поверхности с различными уровнями высот.

#### **Шагающие роботы (антропоморфная, гексапод, паукообразная платформы)**

##### Преимущества:

- преодоление препятствий с резким перепадом высоты (яма);
- возможность преодоления препятствий высотой до уровня крепления конечности (уступ);
- разворот на месте;
- возможность реализации движения в любом направлении с места;
- возможность удержания горизонтальной ориентации корпуса на поверхности с различными уровнями высот.

##### Недостатки:

- небольшая скорость перемещения;
- возможна неравномерность движения;
- сложность реализации конструкции (преимущественно для двуногих роботов);

#### **Змеевидный робот**

##### Достоинства:

- компактные размеры;
- возможность проникать в труднодоступные места.

##### Недостатки:

- сложность создания конструкции и алгоритмов передвижения;
- невозможность переноса роботом полезного груза.

**Шарообразная платформа** не рассматривается в анализе, так как очевидна её невозможность использования для создания роботов, осуществляющих движение в пересечённой местности.

Кроме того, был создан опрос, в котором приняло участие 42 человека (рисунок 1). Согласно мнению респондентов безоговорочные лидеры: паукообразная платформа и гексапод.



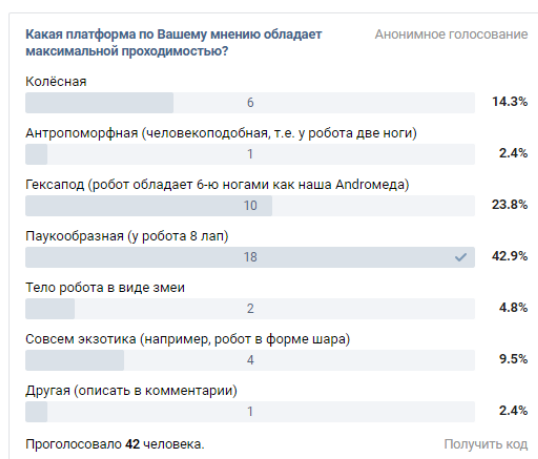


Рис. 1. Распределение голосов респондентов

Учитывая все достоинства и недостатки платформ, а также результаты опроса, была выбрана шагающая платформа гексапод, обладающая оптимальным соотношением между сложностью реализации конструкции и устойчивостью.

#### Конструкция и электронные компоненты

Основу двигательной системы разрабатываемого гексапода составляет 18 мощных сервоприводов MG995, работающих в диапазоне напряжений 4.8 – 7.2 В и обладающих крутящими моментами, соответственно, 8.5 кг · см - 10 кг · см. За управление роботом отвечает плата Arduino Mega. Робот работает автономно от Li-Po аккумулятора NVISION ёмкостью 2500 мАч. Контроль переразряда осуществляет бортовой сигнализатор низкого напряжения. Система управления и силовая часть подключены соответственно на прямую и через понижающий импульсный преобразователь напряжения HOBBYWING 8A. Прототип конструкции собственной разработки сделан из фанеры толщиной 3 мм (рисунок 2). Планируется переход на алюминий либо карбон.

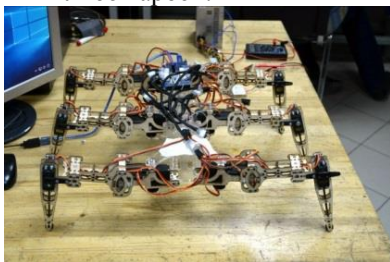


Рис. 2. Конструкция робота на текущий момент

#### Разработка системы движения по пересечённой местности

Одна из основных задач проекта – создание программно-аппаратного комплекса, обладающего достаточной проходимостью на сильно пересечённой местности. В данном направлении ведутся работы по созданию алгоритма, который в зависимости от показаний датчиков касаний, расположенных на конечностях робота, а также ультразвукового дальномера и стереокамеры корректирует модель ходьбы робота согласно перепадам высот пересечённой местности. Алгоритм выполняется на одноплатном компьютере NVIDIA Jetson TK1, работающем под управлением операционной системы Linux Ubuntu (рисунок 3). В качестве стереокамеры используется игровой контроллер Microsoft Kinect. На данный момент реализованы функции определения лиц людей, классификации предметов по геометрической форме и цвету, а также построения карты двухмерной глубины попадающего в поле зрения объектива стереокамеры.

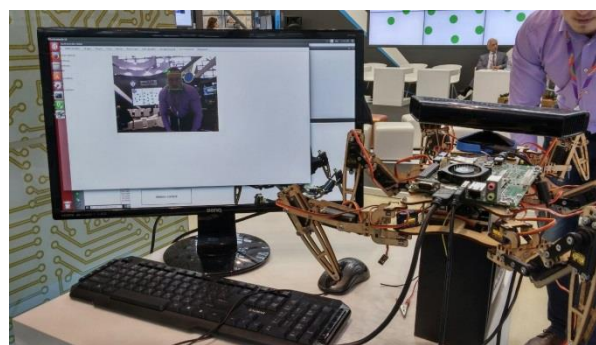


Рис. 3. Демонстрация возможностей системы распознавания объектов

#### Заключение

Использование разрабатываемого робота в спасательных операциях позволит существенно снизить риск для жизни и здоровья спасателей.

#### Список использованных источников

1. Луцкий В. Исследование адаптивных алгоритмов передвижения шестиного шагающего робота // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2013. – № 5. – С. 52–55.

## СБОРКА АВТОНОМНОГО ДВУХКОЛЁСНОГО РОБОТА-БАЛАНСИРА HORIZONZ

Мяхор Д.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Александрова Т.В.  
ТПУ, MyDiAl2009@gmail.com

### Введение

В настоящее время весьма актуальной проблемой является разработка не только робототехнических платформ повышенной проходимости, но и платформ с максимальной манёвренностью. Данный параметр критичен для систем, работающих в ограниченном пространстве, например, на территориях складов, пересечённых участков местности небольшой ширины и т.п. Исправить данную проблему сможет платформа, обладающая компактными размерами. Среди наиболее оптимальных вариантов выделяется балансировочная двухколёсная конструкция. Именно сборке данной платформы будет посвящена представленная статья.

### Технические параметры электроники

За основу для управляющей платы робота была выбрана макетная текстолитовая плата 17 на 24 точек, что позволило избежать самостоятельного травления, и ускорило разработку первого прототипа. Размер выбран из потребности разместить все компоненты на максимально ограниченной рабочей площади. В качестве центрального вычислительного органа используется микроконтроллер ATmega 328p с предустановленным на него загрузчиком Arduino Uno [2].

Для обеспечения устойчивой частоты тактирования к соответствующим выводам микроконтроллера подключён кварцевый резонатор на 16 МГц и два керамических конденсатора на 100 нФ, которые используются в качестве фильтра. На роботе установлены два коллекторных электродвигателя с рабочим напряжением 3-12 В. с пластиковыми редукторами (рисунок 1).

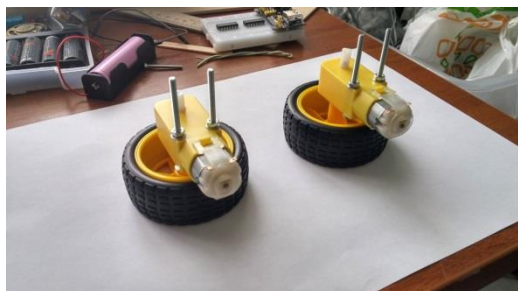


Рис. 1. Используемые мотор-редукторы

Для управления двигателями задействованы

два двухканальных драйвера l293d с ограничением по току до 600 мА на канал [1]. С помощью разработанной платы возможно управление 4-мя электрическими моторами в прямом и реверсивном режимах.

Питание осуществляется за счёт встроенного бортового литий-ионного аккумулятора на 2500 мА/ч при 3.7 В. Первичное изменение напряжения происходит за счёт использования повышающего импульсного преобразователя на базе микросхемы XL6009. Преобразователь настроен с помощью подстроечного резистора на 6.5 В. выходного напряжения. Полученное напряжение распределяется между двумя преобразователями lm1117 5.0 и lm1117 3.3, а также подаётся на силовой вход драйверов двигателей l293d. Микросхемы обеспечивают бортовые напряжения 5 В. для питания драйверов и микроконтроллера, а также 3.3 В. для модуля акселерометра и гироскопа. Чтобы была возможность использовать функцию внутрисхемного программирования за счёт внешнего программатора USBasp одновременно с подключенным внешним питанием, установлен на выходе преобразователя lm1117 5.0 защитный диод. У каждого из рассмотренных преобразователей на входе и выходе установлены керамические конденсаторы 100 нФ согласно рекомендациям из официальной документации.

Робот обладает собственной платой-контроллером заряда аккумулятора со встроенной защитой от короткого замыкания. Выходное гнездо для зарядки – MicroUSB. Возле каждого разъёма для подключения моторов располагаются светодиоды двух цветов, подключенные к каждому из контактов вывода и имеющие общую землю через резистор 2 кОм. Диоды необходимы для отладки работы схемы и наглядной визуализации режимов работы двигателей. Все соединительные провода были скручены в спираль для более аккуратного их размещения вдоль корпуса робота. Основания у штекеров проклеены термоклеем для большей прочности на изгиб. Horizonz обладает модулем Bluetooth, что позволяет им управлять с расстояния до 100 метров при прямой видимости. В качестве датчика ориентации в пространстве используется акселерометр и гироскоп MPU-6050. Управляющая плата обладает двумя отладочными разъёмами: шести пиновым ISP для внутрисхемного программирования и четырёх пиновым разъёмом интерфейса последовательной

передачи данных UART (по факту используются 3 пина: gnd, tx, rx).

Готовая управляющая плата представлена на рисунках 2,3,4.

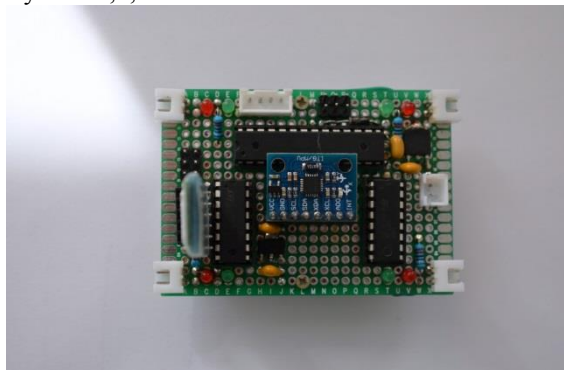


Рис. 2. Управляющая плата (вид сверху)

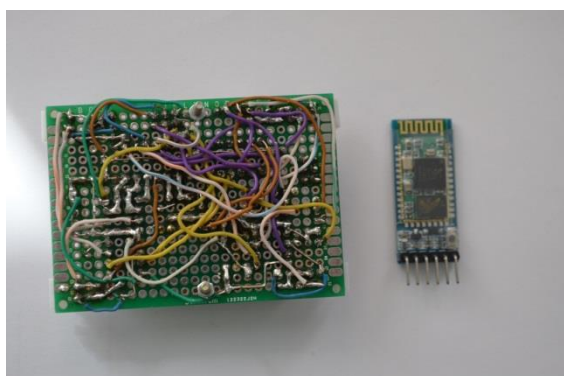


Рис. 3. Управляющая плата (вид снизу)

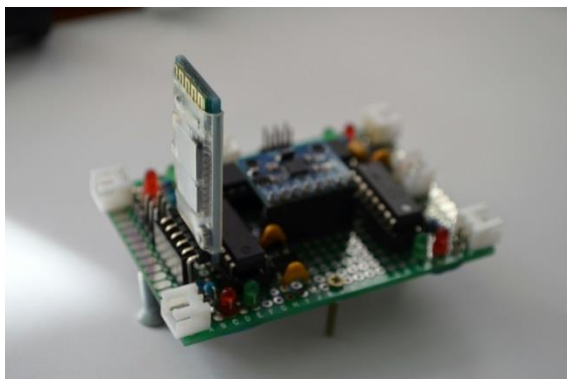


Рис.4. Управляющая плата (вид сбоку)

#### Особенности программного обеспечения

Для унификации, читабельности и кроссплатформенности кода было введено описание всех управляющих двигателями пинов в виде: `Motor_3_down_in3_right`, где `Motor_3` – номер двигателя - исполнителя, `down` – направление движения, за которое отвечает пин (подразумевается, что `up` – движение вперёд, `down` – движение назад), `in3` – подключенный пин драйвера, `right` – означает, что пин относится к правому драйверу (если повернуть плату компонентами к лицу). Чтобы упростить управление моторами, под каждый из них создана функция вида `void Motor1 (String direction_1, int`

`speed_1)`, где `Motor1` – название рассматриваемого мотора, `direction_1` – входной аргумент направления вращения (два варианта: «up» и «down»), `speed_1` – скорость двигателя в диапазоне от 0 до 255 (используется ШИМ управление, через пины микросхем драйверов `enX`, где `X=1,2,3,4`).

Так как модуль акселерометра/гироскопа общается с внешним миром по шине I2C, была подключена библиотека `Wire.h`. Чтобы сгладить разброс углов, которые выдаёт модуль, используется фильтр Калмана: подключена библиотека `Kalman.h`.

Фотография готового робота представлена на рисунке 5.

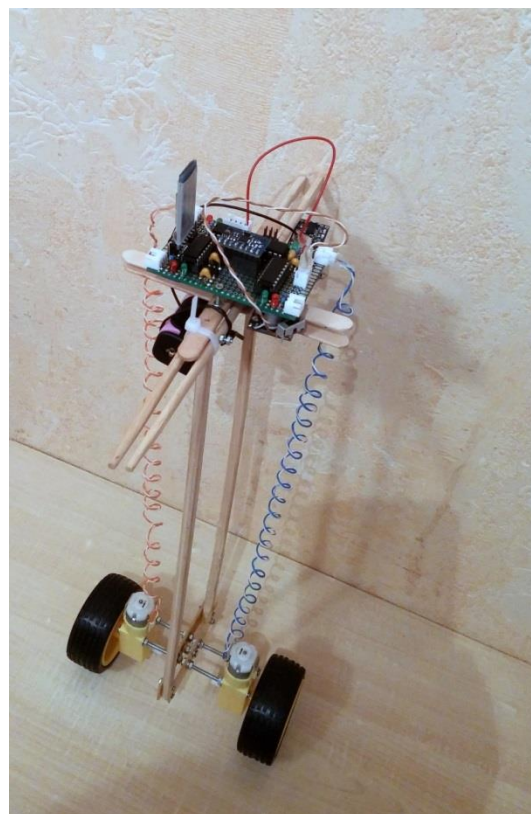


Рис. 5. Готовый робот

#### Заключение

В рамках данной работы был выполнен первый шаг проектирования балансирующей двухколёсной системы: разработан корпус и электронная начинка робота, протестированы все узлы и компоненты, а также написан код, облегчающий дальнейшую разработку устройства

#### Список использованных источников

1. L292x Quadruple Half-H Drivers. Texas Instruments. 2016.
2. ATmega 328/P Datasheet complete. Atmel. 2016.



## ANALYSIS OF INTERVAL DATA FUSION METHODS FOR SENSOR ACCURACY IMPROVEMENT IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Lyudmila V. Galsanova  
Scientific adviser – Lyudmila I. Khudonogova  
National Research Tomsk Polytechnic University  
lv33@tpu.ru

### Introduction

In wireless sensor networks (WSN) sensor nodes can provide measurement data with a large uncertainty due to battery failure and influence of external environmental factors. An important task is to determine the value of the measured quantity with the required accuracy based on inaccurate and/or incomplete data provided by the sensors. One solution to this problem can be fusion of data presented in the form of intervals on the real axis, which centers are measured values and boundaries are specified by the sensor's uncertainty.

Let us consider a set of  $m$  closed intervals  $\{I_k\}$ ,  $k = 1, \dots, m$ , in the real line. Each interval is characterized by a *lower bound*  $l_k$ , *upper bound*  $u_k$  and *middle point*  $x_k$ , so that  $I_k = [l_k, u_k]$ ;  $l_k < x_k$ ;  $x_k = 0,5 \cdot (u_k + l_k)$ ;  $l_k, u_k, x_k \in \mathbb{R}$  (Figure 1). Let the measured value of some value of each sensor node in WSN be represented in the form of interval, where the point  $x_k$  is measurement result of the sensor of  $k$ -th node, the *uncertainty interval* of which is  $[x_k - 0,5 \cdot (u_k - l_k), x_k + 0,5 \cdot (u_k - l_k)] = [x_k - \varepsilon_k, x_k + \varepsilon_k]$ , and the value of  $\varepsilon_k$  is determined by the sensor's uncertainty. Two intervals  $I_j$  and  $I_k$ ,  $j \neq k$ ;  $j, k = 1, \dots, m$ , such that  $I_j \cap I_k \neq \emptyset$ , will be called *inconsistent* [1].

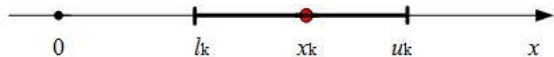


Figure 1 – An interval on the real line

The *interval data fusion procedure* consists in forming an interval that is consistent with maximal number of intervals from  $\{I_k\}$  and contains the maximum likelihood value  $x_r$ , which can serve as a representative of all middle points  $x_k$  with a minimum uncertainty  $\varepsilon_k$  [2]. Interval measurement data processing in order to obtain the value of the measured value with increased accuracy can be implemented by means of fusion based on voting.

The aim of this work is the development of software for investigation of various algorithms of interval data fusion to determine the most accurate and robust (i.e. stable to the form of the distribution law and possible outliers) algorithm.

### 1 Data fusion on the basis of approval voting

Voting is one of the promising ways to obtain the correct result from unreliable, incomplete, or inaccurate data. In approval voting, a participant votes for a subset of preferred alternatives, instead of choosing only one "best" alternative. A special case of approval voting is *interval voting*, when an ordered set

of preferred alternatives forms interval along the real line, and all values within the interval are considered equally acceptable for the participant [3].

The choice of the voting selection rule has a significant effect on the reliability and rate of the algorithm. The interval data fusion can be based on plurality rule and majority rule.

According to the **plurality rule**, the outcome consists of a set of alternatives that are preferred by the largest number of participants. Consider an ordered list of alternatives  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  and a finite set  $\{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  of participants of the voting process. The initial data from the sources (voters) are presented as intervals  $I_k$  with the upper and lower boundaries  $[l_k, u_k]$ . The resulting interval  $I_r$  is the intersection of the intervals of the biggest number of participants. Figure 2 shows the example of interval voting with plurality rule. In practice, this voting strategy is not always so simple and a number of complications may arise, associated with the multiplicity of resulting intervals [3].

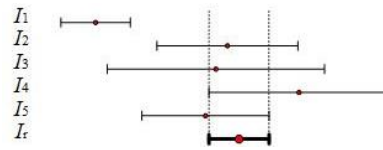


Figure 2 – Interval voting based on plurality rule.

In accordance with the **majority rule**, an alternative needs to get more than half of the votes (minimum 50 % + 1 vote) to win. To implement the rule with regard to interval data, it is necessary to eliminate all nonqualifying intervals, i.e. such that the number of intersections with other intervals is less than the value of  $y$  – half of the participants number. The example of interval voting with majority rule is shown in Figure 3. The disadvantage of the majority rule is that the resulting interval is often wider than the initial ones, which leads to increased uncertainty of the result.

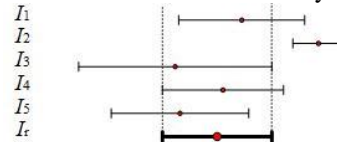


Figure 3 – Interval voting based on majority rule.

### 2 Software for investigation of interval data fusion algorithms

To research the properties of fusion algorithms based on considered voting rules, a program called "Fusion algorithm" was developed in the NI LabVIEW graphical environment.

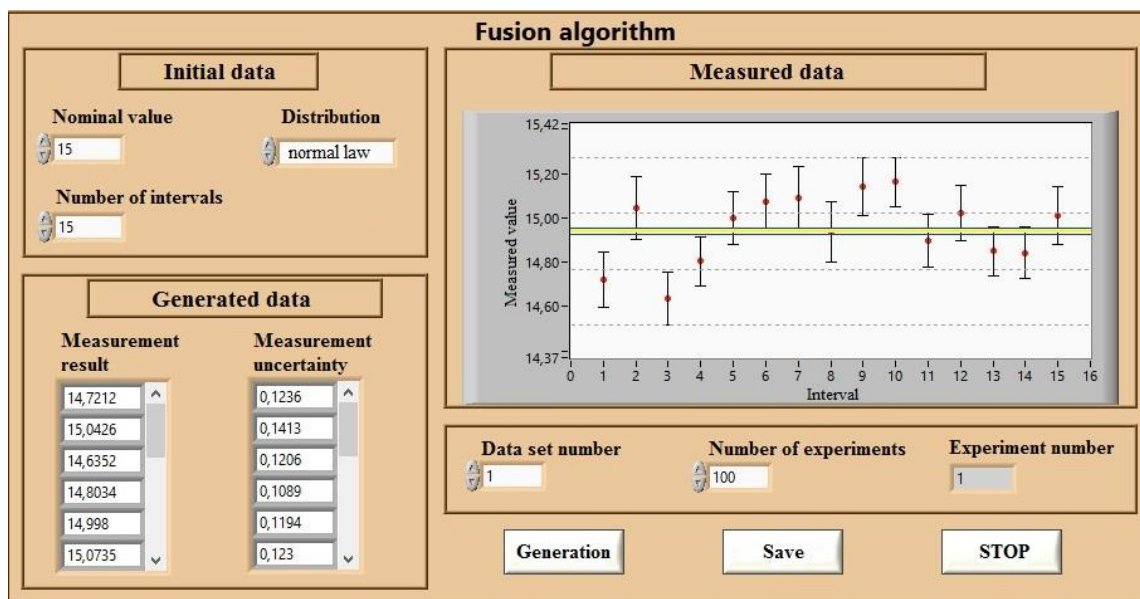


Figure 4 – The front panel of the program "Fusion algorithm"

The program "Fusion algorithm" performs the following functions:

- generation of random interval data on the normal and uniform distribution laws;
- fusion of intervals based on plurality and majority selection rules;
- visualization of results in graphical and numerical forms;
- saving experimental results in MS Excel (\*.xls) document format.

The generation of random interval data is implemented using Monte Carlo method [4]. The generated data is fused by means of algorithms based on plurality and majority rules, for which the "PLURALITY" and "MAJORITY" software modules were developed.

Before start on the front panel of the program (Figure 4) the user must specify:

- nominal value of the measured quantity;
- number of intervals;
- distribution law of the quantity;
- number of data set;
- number of experiments.

Next, the user starts the program by pressing the "Generation" button. The front panel displays the generated measured data (measurement results with corresponding uncertainties) in graphical and numerical forms. The program finishes operation after pressing the "STOP" button. When work is finished the user can save the data by clicking the "Save" button. As a result of the "Fusion algorithm" program, the resulting interval  $I_r = [x_r \pm \varepsilon_r]$  is found for each fusion algorithm, where the mean point  $x_r$  is the result of the fusion, and  $\varepsilon_r$  is the corresponding uncertainty of the result.

Experimental studies were implemented using the developed program "Fusion algorithm" for considered voting algorithms with plurality and majority rules on the basis of the same initial data.

### Conclusion

To solve the problem of finding the value of the measured value on the basis of inaccurate data provided by the sensors in WSN, algorithms for interval data fusion on the basis of voting with plurality and majority rules were researched. A "Fusion algorithm" program was developed for experimental investigations of algorithms in LabVIEW graphical programming environment. The developed program allows to estimate such properties of algorithms as accuracy and robustness as well as their time complexity.

### References

1. Muravyov S. V., Khudonogova L. I., Marinushkina I. A. Representation of interval data by weak orders yields robustness of the data fusion outcomes // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – N 1. – P. 360-365.
2. Muravyov S. V., Khudonogova L. I. Multisensor accuracy enhancement on the base of interval voting in form of preference aggregation in WSN for ecological monitoring // Proceedings of the ICUMT 2015. – Czech Republic, 2015. – P. 293-297.
3. Parhami B. Distributed Interval Voting with Node Failures of Various Types // Proc 12th IEEE Workshop on Dependable Parallel, Distributed and Network-Centric Systems DPDNS '07 Long Beach, California USA. – 2007. – P. 1-7.
4. ГОСТ Р 54500.3.1-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008/Дополнение 1:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2012. – 82 с.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ПЛИС И ARM В СИСТЕМЕ НА КРИСТАЛЛЕ ALTERA CYCLONE V

Т. А. Ягунов, И. В. Зоев  
Научный руководитель: А. Н. Мальчуков  
Томский политехнический университет  
E-mail: tay1@tpu.ru

### Введение

На сегодняшний день системы на кристалле (SoC) пользуются популярностью в разных сферах производства и разработок, особенно реализованные на базе ПЛИС высокой интеграции (FPGA). Производители предоставляют разработчикам средства, однако, не всегда сопровождают их достаточной информацией. Например, SoC Cyclone V от Altera [1], реализованная на CPU и FPGA, имеет различные интерфейсы взаимодействия, как между CPU и FPGA, так и с периферией, а информация о скорости обмена данными этих интерфейсов частично либо полностью отсутствует.

Таким образом, целью этой статьи является предоставление информации о пропускной способности интерфейсов SoC Cyclone V (fpga2hps и fpga2sdram) при использовании прямого доступа к памяти (DMA) [2] реализованного в FPGA и буфера в памяти регулируемого размера.

### Описание проекта

Прежде всего необходимо создать систему и настроить интерфейсы. Система должна осуществлять взаимодействие FPGA с DDR3-памятью по двум интерфейсам с использованием DMA и буфера в памяти DDR3 и определять затраченное на это взаимодействие количество тактов процессора для подсчета пропускной способности интерфейсов. Структурная схема устройства представлена на рис. 1.

Для проектирования использовалась САПР Quartus II от Altera.

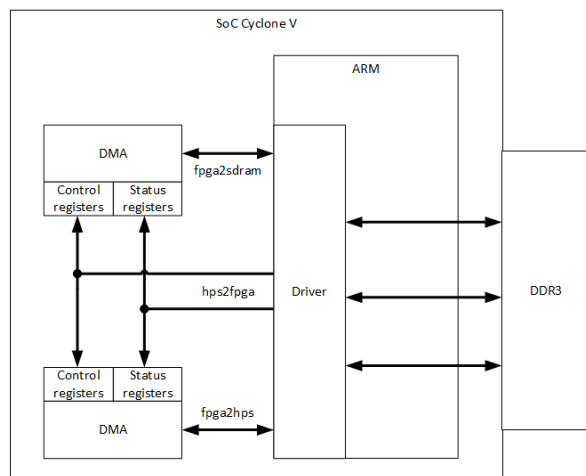


Рис. 1. Структурная схема устройства  
Всего SoC Cyclone V «использует» три

интерфейса для внутреннего взаимодействия: hps2fpga, fpga2hps, fpga2sdram. Первые два отвечают за взаимодействие между CPU и FPGA, последний – за взаимодействие FPGA с DDR3-памятью. Имеется возможность настройки разной ширины каналов интерфейсов, если использовать «обертку» Avalon-MM Bridge, что теоретически может влиять на скорость передачи данных. Можно установить ширину в 32, 64, 128 или 256 бит для интерфейса fpga2sdram и 32, 64 или 128 бит для интерфейса fpga2hps. Другим «рычагом управления» скоростью может являться частота тактового сигнала. Ее можно установить в интервале от 50 до 150 МГц при помощи PLL.

Значение пропускной способности для интерфейса hps2fpga было исследовано в статье [3]. Это значение варьируется от 100 до 200 Мбит/с в зависимости от флагов оптимизации компилятора gcc. Такая низкая пропускная способность объясняется тем, что взаимодействие в отношении память-ПЛИС происходит через процессор. Остальные два интерфейса могут использовать прямой доступ к памяти, что теоретически обеспечивает увеличение значения пропускной способности интерфейсов.

Ввиду того, что сравниваются два интерфейса (fpga2hps, fpga2sdram) с прямым взаимодействием с DDR3-памятью, необходима в FPGA реализация двух блоков DMA-контроллера. Их функции заключаются в формировании псевдо-данных, записи или чтении этих данных по соответствующему физическому адресу (в буфер – в памяти DDR3) и счете затраченных на транзакцию тактов для дальнейшей оценки скорости передачи данных. Конфигурирование DMA-контроллера реализуется с помощью регистров (будем называть их контрольными), в них записывается физический адрес начала буфера в DDR3-памяти, размер буфера и сигнальные биты для запуска транзакции на запись/чтение. Так же, реализуются регистры (будем называть их статусными), в которые записывается значение затраченных на транзакцию тактов и сигнал занятости DMA-контроллера.

Завершающим этапом проектирования является написание драйвера Linux, с помощью которого и реализуется возможность управления настройкой системы, а именно: выделение адресного пространства в памяти DDR3 заданного размера – буфера, управление записью и чтением данных посредством записи соответствующих значений в

контрольные регистры и чтением соответствующих значений из статусных регистров.

### Тестирование

Как было сказано, на значение пропускной способности интерфейса теоретически может влиять ширина этого интерфейса и тактовая частота.

Объем переданной информации вычисляется по следующей формуле:

$$V = qt,$$

где  $q$  – пропускная способность канала (в битах в секунду),  $t$  – время передачи (в секундах).

Объем переданной информации известен, т.к.

задается размером буфера, а псевдо-данные формируются в зависимости от заданного размера. Время передачи является обратной величиной тактовой частоты, умноженной на количество затраченных тактов.

При тестировании рассматриваются варианты процессов чтения (R) и записи (W) с разными тактовыми частотами, разной шириной интерфейсов и разным общим объемом передаваемых данных. Для чистоты эксперимента каждый вариант тестирования повторяется 100 раз, после чего рассчитывается среднее значение пропускной способности интерфейса в Мбит/с.

Результаты тестов приведены в таблице №1.

Таблица 1. Сводная таблица результатов тестов

Бит \ МГц	fpga2hps			fpga2sdram		
	50	100	150	50	100	150
V = 4 * 1024 (байт) R/W						
32	104,08/ 157,15	280,45/ 413,84	320,79/ 471,21	838,49/ 645,04	2574,08/ 1976,36	2511,60/ 1949,70
64	224,62/ 265,63	284,10/ 412,38	314,09/ 457,27	3108,92/ 3079,70	4701,29/ 3976,70	4814,10/ 3976,54
128	226,58/ 265,16	278,57/ 385,05	299,47/ 417,36	6253,44/ 6206,06	10020,80/ 8445,36	9830,40/ 8518,54
V = 4 * 1024 * 1024 (байт) R/W						
32	110,48/ 161,76	295,40/ 419,42	330,02/ 485,92	1020,69/ 1015,89	3018,33/ 2965,28	3059,45/ 3046,98
64	255,35/ 268,29	296,32/ 420,29	323,26/ 469,56	3294,64/ 3273,74	6110,92/ 6080,31	6118,81/ 6067,73
128	236,89/ 265,89	294,49/ 391,79	319,11/ 427,97	6296,50/ 6331,48	11828,89/ 11870,91	11970,87/ 12146,75

Как было сказано в статье [4], изменение значения частоты почти не влияет на пропускную способность интерфейса fpga2sdram, что подтверждается результатами, однако, при частоте равной 50 МГц, значение пропускной способности резко ухудшается. Для интерфейса fpga2hps напротив – с увеличением частоты, возрастает и значение пропускной способности интерфейса. Также, в статье [4] было сказано о почти линейном возрастании значения пропускной способности для интерфейса fpga2sdram от увеличения ширины интерфейса, что также подтверждено результатами. Для интерфейса fpga2hps такая тенденция не наблюдается.

Оптимальными настройками для интерфейса fpga2hps являются: большой размер буфера, большая частота и значение ширины интерфейса в 32 бита (т.к. ядро ARM оперирует словами данной разрядности); для интерфейса fpga2sdram – большой размер буфера и большее значение ширины интерфейса.

### Заключение

В результате исследования были определены значения пропускной способности интерфейсов fpga2sdram и fpga2hps SoC Cyclone V при разных

значениях частоты и ширины интерфейсов, выявлены оптимальные режимы их работы.

### Список использованных источников

1. Cyclone V Hard Processor System Technical Reference Manual – Сан-Хосе: Altera Corporation, 2016. – 3536 с;
2. Арехта Д. DMA для новичков или то, что вам нужно знать [Электронный ресурс] / крупнейший в Европе ресурс для IT-специалистов “habrahabr” – URL: <https://habrahabr.ru/post/37455> (дата обращения 14.10.2017);
3. Габидуллин Д. Поднимаем SOC: ARM + FPGA [Электронный ресурс] / крупнейший в Европе ресурс для IT-специалистов “habrahabr” – URL: <https://habrahabr.ru/company/metrotek/blog/235707> (дата обращения 9.10.2017);
4. Габидуллин Д. SoC: поднимаем простой DMA на FPGA [Электронный ресурс] / крупнейший в Европе ресурс для IT-специалистов “habrahabr” – URL: <https://habrahabr.ru/company/metrotek/blog/248145> (дата обращения 10.10.2017).

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПИЛОТИРОВАНИЯ КОЛЕСНОЙ ПЛАТФОРМЫ

В. И. Рот

Научный руководитель: А. Н. Мальчуков  
Томский политехнический университет  
e-mail: vir7@tpu.ru

### Введение

В настоящее время на высокотехнологичных производствах широко используются промышленные роботы, которые способны самостоятельно передвигаться, переносить грузы, поднимать их на заданную высоту и выполнять множество других операций, необходимых человеку. Все они работают по заранее разработанному алгоритму или под управлением оператора. Поэтому проблема создания мобильной системы автопилотирования, дополненной датчиками, является актуальной и требует разработки не только оборудования, но и комплекса программного обеспечения. По этой причине было решено разработать бюджетную систему автопилотирования на примере уменьшенной модели автомобиля [1].

### Задачи

Необходимо было разработать автономную систему управления роботом, которая предназначена для обеспечения автономного движения в различных условиях. Общая цель для системы управления – изучение замкнутого пространства и автономное движение робота.

*Автономный робот* – это робот, способный выполнять задачи в неструктурированных средах без постоянного человеческого контроля. Полностью автономный робот обладает следующими возможностями:

- Получение информации об окружающей среде.
- Работа в течение длительного времени без вмешательства человека.
- Включает в себя блоки (например, шасси или гидролокаторы), чтобы взаимодействовать с окружающей средой.

Поскольку система является автономной, то она должна иметь функции самоконтроля и самодиагностики, включая функции принятия решений в чрезвычайных ситуациях.

Схемная реализация будет включать микропроцессорный блок и различные блоки сопряжения с устройствами управления:

- Основной процессорный модуль (ядро) робота будет обеспечивать контроль над всеми блоками робота.
- Блок сенсоров робота, с помощью которых робот будет получать информацию об окружающей его среде. В качестве сенсоров чаще всего применяют инфракрасные и лазерные дальномеры, ультразвуковые радары и сонары,

видеокамеры с системой сегментации изображения, тактильные сенсоры.

- Исполнительная часть – блок, управляющий всевозможными манипуляторами и ходовой частью робота, позволяющей ему перемещаться.

- Блок питания – устройство автономного питания (чаще всего это аккумуляторы).

Модульная структура робота позволит производить гибкую модификацию системы управления при изменении конфигурации робота. Например, при замене ходовой части робота с колесного привода на шагающий механизм достаточно будет внести изменения только в блок управления приводом, оставив все остальные модули без изменения.

### Обзор существующих решений

Для решения поставленных задач следует сделать выбор между ПЛИС и микроконтроллером [2].

Учитывая, что функционал ПЛИС не уступает микроконтроллеру, кроме того ПЛИС «прошивается на уровне железа» практически по всей площади кристалла, а микроконтроллер «прошивается на уровне программы», ПЛИС выигрывает в быстродействии за счет своей архитектуры и более широких возможностей конвейерной обработки данных. Но при этом микроконтроллер выигрывает в простоте написания алгоритмов за счет того, что в ПЛИС разработчику приходится выполнять всю работу вручную. Исходя из вышеуказанного, будет использоваться аппаратная платформа Arduino UNO, которая также имеет невысокую стоимость.

### Описание структуры робота

Основой для такого робота послужит машинка на радиоуправлении, которая в ходе работы будет совершенствоваться и дополняться датчиками и различными блоками, что в итоге позволит тестировать на ней алгоритмы автопилотирования.

Исходя из определения автономного робота данного в анализе технического задания, система управления будет включать:

- блок управления шасси, необходимый для передвижения в пространстве;
- блок управления ультразвуковыми дальномерами для исследования пространства вокруг робота.

Связь данных блоков будет осуществляться посредством основного микропроцессорного блока, который будет обрабатывать полученную информацию и передавать сигналы на органы

управления, для приведения в движение сервомоторов манипулятора и шасси.

Структурная схема системы управления роботом приведена на рисунке 1. Здесь изображены все модули системы и связи между ними.

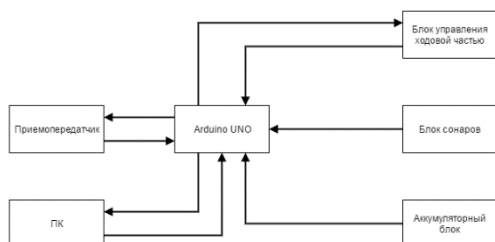


Рис. 1. Структурная схема системы управления роботом

### Программирование устройства

Используется микроконтроллер ATmega328, который поставляется с записанным загрузчиком [3]. Связь осуществляется через оригинальный протокол STK500. Прошивка на устройство загружается через ПК по интерфейсу RS-232. Существует возможность (без использования загрузчика) запрограммировать микроконтроллер через выводы ИМТП (внутрисистемного программирования). Функциональная схема робота приведена на рисунке 2.

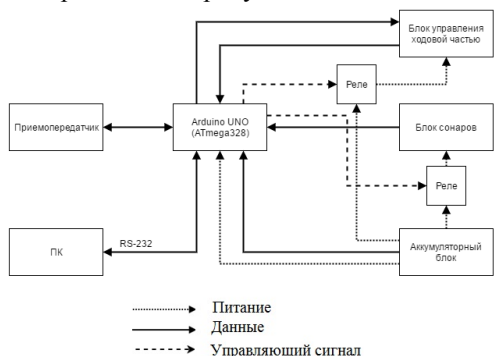


Рис. 2. Функциональная схема робота

### Алгоритмы работы робота

Были разработаны два основных алгоритма движения робота.

**1. Алгоритм прохождения от точки А до точки Б.** После завершения инициализации программы, загрузки карты и прокладывания кратчайшего маршрута, робот ожидает команды «Старт», для начала движения. После получения команды, робот начинает двигаться. Каждый раз при движении происходит проверка на то, достигнута ли конечная точка, и есть ли на пути препятствие. Если достигнута конечная точка, то подается сигнал и работа алгоритма завершается, если нет, то продолжается движение. Если найдено препятствие, то начинается его объезд, если препятствия нет, то продолжается движение. После выполнения объезда препятствия проверяется наличие новых препятствий на пути и полностью

ли сработал алгоритм объезда. Если препятствий больше нет, то робот прокладывает путь, чтобы вернуться на изначально проложенный (самый короткий) путь и продолжает движение по этому пути. Если после объезда препятствия на пути есть еще одно, либо препятствие робот объехал не до конца, то проверяется, можно ли продолжить объезд. Если есть, с какой стороны можно продолжить объезд, то продолжается маневр, если пути дальше нет, то подается сигнал о невозможности завершения маршрута и заканчивается алгоритм.

### 2. Алгоритм прохождения лабиринта.

После завершения инициализации программы и загрузки карты, робот ожидает команды «Старт», для начала движения. Далее при продвижении вперед робот проверяет, достигнут ли конец маршрута. Если да, то работа алгоритма заканчивается, если нет, то далее проверяется, не зашли ли мы в тупик. Если робот в тупике, то возвращаемся на перекресток и едем по другому пути. Далее проверяем, есть ли поворот. Если нет, то продолжаем движение прямо, если есть, то проверяем, есть ли правый поворот, так как его приоритет выше. Если есть правый поворот, то поворачиваем направо, если нет, то проверяем, есть ли путь прямо. Если есть, то едем прямо, если пути прямо нет, то поворачиваем налево. Алгоритм повторяется до нахождения выхода из лабиринта, после чего происходит отправка сигнала о завершении прохождения лабиринта и выход из программы. В зависимости от размера и сложности лабиринта, время его прохождения может быть большим.

### Заключение

В итоге была разработана аппаратная платформа для робота, на котором можно проверять работоспособность различных алгоритмов автоматического пилотирования. Так как робот сделан блочным способом, то его можно модернизировать, устанавливая различные датчики, например для распознавания разметки.

### Список использованных источников

1. Жимарши Ф. Сборка и программирование мобильных роботов в домашних условиях / Ф. Жимарши; пер. с фр. М. А. Комаров. – М.: ИТ Пресс, 2007. – 288 с.: ил. (В помощь радиолюбителю);
2. Белова, А. В. Создаем устройства на микроконтроллерах // А. В. Белова. – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2007. – 295 с. ;
3. Arduino + датчик HC-SR04 (ультразвуковой дальномер) // Электронный журнал [Электронный ресурс]. – URL: <http://academicfox.com/arduino-datchyk-hc-sr04-ultrazvukovoj-dalnomer/> (Дата обращения 21.04.2017).



## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Кремлев И.А., Леонов С.В., Гилев В.А.  
Томский политехнический университет  
iak40@tpu.ru

### Введение

До появления ЭВМ скромные вычислительные возможности человека вынуждали к максимальному упрощению математических моделей (ведь в общем случае постановка задачи проектирования современной электрической машины является весьма сложной). Этот период в электромеханике характеризуется созданием инженерных методик проектирования, которые сыграли и продолжают играть важную роль в творческой деятельности инженера-конструктора. Однако с резким повышением использования электрических машин, как, впрочем, и других электромагнитных механизмов, принятые в моделях допущения становятся менее оправданными и приводят к заметным ошибкам. Кроме того, поскольку традиционный в недалеком прошлом подход к проектированию электромеханических преобразователей, опирающийся на натурное моделирование с изготовлением достаточно большого числа экспериментальных образцов и последующими их исследованиями (испытаниями) в настоящее время неприемлем (из-за финансовых причин или ограничений по срокам), необходимо существенно повышать адекватность математических моделей [1]. Сегодня разработка методов трехмерного моделирования является актуальной (и, главное, возможной). Ведь при анализе конструкций электрических машин необходим точный учет наличия большого воздушного зазора, несимметрии магнитной цепи, влияния ее насыщения (ярма и полюсов статора) на выходные характеристики и т. п.

### Описание алгоритма

Сочетание алгоритмов оптимизации с методами анализа магнитного поля позволяет создать эффективный инструмент для проектирования сложных электромеханических систем. В связи с вышеобозначенным, предлагаемую статью можно рассматривать как продолжение работ, направленных на совершенствование методик проектирования специальных электрических машин. Для построения программы расчета была использована математическая модель, основанная на методе пространственных интегральных уравнений, позволяющих проводить численный расчет трехмерного магнитного поля.

Метод интегрирования по источникам поля заключается в использовании интегро-дифференциального уравнения, выражающего напряженность поля в точке наблюдения через

векторные характеристики источников поля (плотность тока и намагниченность вещества) [2]:

$$\vec{H}_q = \frac{J_c}{4\pi} \int_{V_o} \frac{[\vec{dl}, \vec{r}_{nq}]}{r_{nq}^3} dS_n - \frac{1}{4\pi} \text{grad}_q \int_{V_s} \frac{\vec{M}_p \vec{r}_{pq}}{r_{pq}^3} dV_p, [1]$$

где  $\vec{H}_q$  – вектор напряженности магнитного поля в точке наблюдения  $q$ ;  $J_c$  – плотность тока в обмотке;  $\vec{dl}$  – элемент длины проводника, совпадающий по направлению с вектором плотности тока;  $dS_n$  – элемент сечения проводника, нормальный к плотности тока;  $V_o$ ,  $V_s$  – объемы обмотки с током и намагниченного вещества;  $\vec{M}_p$  – намагниченность объема  $dV_p$ ;  $\vec{r}_{pq}$  – радиус-вектор, проведенный из элемента объема  $dV_p$  в точку наблюдения  $q$ ;  $\vec{r}_{nq}$  – радиус-вектор, проведенный от элемента проводника с током до точки наблюдения;  $r_{pq}$ ,  $r_{nq}$  – модули соответствующих радиус-векторов.

С помощью выражения (1) напряженность магнитного поля можно определить в любой точке расчетной области при известном распределении плотности токов и намагниченности вещества. При этом пространство, занимаемое намагниченным веществом, разбивается на элементарные объемы, в пределах каждого из которых намагниченность постоянна и сосредоточена в центре тяжести. А проводник с током разбивается на элементарные участки тока. При расчете изменяющихся во времени магнитных полей используется временная дискретизация с шагом  $dt$ . Метод пространственных интегральных уравнений реализован на общей концепции метода вторичных источников, в котором пассивные элементы магнитной системы учитываются введением так называемых «фиктивных» источников. Уравнение (1) универсально и может быть использовано как для определения напряженности поля первичных источников, т. е. материалов с заранее известным распределением намагниченности, так и для расчета распределения намагниченности внутри пассивных элементов магнитной системы. Определение намагниченности производится по нелинейной характеристике  $M(H)$ , получаемой



посредством пересчета зависимости  $B(H)$  согласно выражению:

$$\overline{M}_q = \frac{\overline{B}_q}{4\mu_0} - \overline{H}q \quad [2]$$

где  $B_q$  – вектор индукции магнитного поля, совпадающий в пределах по направлению с  $H_q$ , модуль которого определяется по характеристике материала  $B(H)$ . Таким образом, определив распределение намагниченности по объему магнитомягких ферромагнитных материалов, принимаемых за пассивные элементы магнитной системы, решение задачи сводится к расчету параметров поля в исследуемой области. При этом предполагается, что магнитное поле создается всеми как активными, так и пассивными элементами магнитной системы. Из рассмотренных выше этапов наиболее затруднительным является определение векторов намагниченности, распределенных по объему пассивных элементов магнитной системы. Для решения этой задачи используются методы итерационного расчета системы нелинейных алгебраических уравнений. В заключительной части расчета, после определения векторов намагниченности производится вывод основных результатов и интегрирование распределенных параметров магнитного поля в исследуемой области пространства с целью определения магнитного потока, ЭДС, потокоцепления обмотки и электромагнитных сил. Для построения универсальной программы расчета был разработан алгоритм описания геометрии электромеханических устройств, позволяющий моделировать магнитные системы практически любой конфигурации и степени сложности. Расчетная область представляется набором различных геометрических фигур, которые подбираются из условия наиболее точного описания геометрии моделируемого устройства. В свою очередь эти фигуры разбиваются на элементарные объемы, имеющие одинаковое для всех фигур математическое описание. Оценка адекватности программы расчета была проведена путем сравнения полученных расчетных данных с экспериментальными исследованиями простейшей магнитной системы. Численный анализ магнитного поля, полученного при внесении ферромагнитного кольца в поле высокоэнергетического цилиндрического постоянного магнита, показал работоспособность и эффективность используемой модели.

### Заключение

Расхождение в результатах составило не более 7 %. Разработанная программа может быть использована при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в сфере электромеханики для анализа электромагнитных процессов, протекающих в

магнитной системе. Она широко используется при расчете магнитных систем, содержащих высококоэрцитивные постоянные магниты. В связи с вышеобозначенным, предлагаемую статью можно рассматривать как продолжение работ, направленных на совершенствование методик проектирования специальных электрических машин. Для построения программы расчета была использована математическая модель, основанная на методе пространственных интегральных уравнений, позволяющих проводить численный расчет трехмерного магнитного поля.

### Список использованных источников

1. Курбатов Е.М. Современное состояние прецизионных электромеханических систем и устройств разработки и производства ОАО «ИСС». // Форум школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Космическое приборостроение». – Томск, 2013. – Т. 1. – С. 40-41.
2. Кремлев И.А., Гилев В.А., Зеленин М.В. Моделирование синхронного двигателя с электромагнитной редукцией скорости в Ansys Maxwell. // III Молодежный международный форум «Интеллектуальные энергосистемы». – Томск, 2015. – Т. 2. – С. 211-214.
3. Леонов С.В. Федянин А.Л. Муравлев О.П. Статическая модель герметичного синхронного двигателя дискового типа с магнитосвязанными полюсами. Известия ТПУ Выпуск № 4 / том 312 / 2008.

## AUTOMATED WIRELESS SYSTEM FOR MEASURING ENVIRONMENTAL PARAMETERS BASED ON NI MYRIO PLATFORM

Evgenia S. Bauer

Scientific adviser – Lyudmila I. Khudonogova

Tomsk Polytechnic University

esb15@tpu.ru

### Introduction

The problem of measuring environmental parameters such as temperature, humidity, pressure, illuminance, is relevant in the following areas of activity:

- control of working conditions, conditions of production and storage of products in premises;
- environmental monitoring;
- meteorological observations and forecasts;
- ensuring the uniformity of measurements during verification and/or calibration of measuring instruments.

Reduction of labor and time costs for the organization of measurements can be achieved by automatization of the process of collecting, processing and saving measurement data.

The aim of the work is the development of an automated wireless system for measuring environmental parameters (WSM) based on the NI myRIO platform.

### Features of the system for measuring environmental parameters

WSM should be characterized by the following features:

1) *Mobility*. This characteristic is provided by the use of wireless data transmission from the measuring node of the WSM to the computer and by comparatively small overall dimensions.

2) *Scalability*. It is possible to expand and modify the measuring part of the system (adding or removing sensors) without making essential changes to the program code.

3) *Modularity*. The modular structure of the software allows the use of WSM individually or as a module of other systems.

4) *Parallelism*. This property is achieved by having a set of sensors working in parallel via multiple channels.

5) *Automatic generation of reports*. The measurement protocol is saved to a file of Microsoft Excel format. The file contains all the necessary information in a form convenient for further processing and usage.

### Structure of the system for measuring environmental parameters

The general view of the WSM structure is shown in figure 1. The system is implemented on the basis of National Instruments myRIO (NI myRIO) platform. NI myRIO is a portable reconfigurable input-output device, which may be used for design of systems of control, robotics and mechatronics [1].

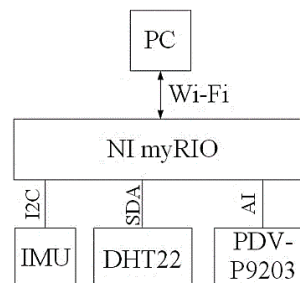


Fig. 1. WSM structure

WSM is intended for measurement of four physical quantities: temperature, pressure, humidity and illuminance. The Inertial measurement unit (IMU-sensor) is used to obtain pressure and temperature values. The LPS331AP microcircuit, which is a part of the IMU-sensor, contains an ultra-compact piezoresistive absolute pressure sensor and a semiconductor temperature sensor [2].

Capacitive humidity sensing digital temperature and humidity module DHT22 was selected to be a humidity sensor. The sensor is connected with a high-performance 8-bit microcontroller and includes capacitive sensor wet components, high-precision temperature measurement devices [3].

The light sensor is a PDV-P9203 photoresistor. A photocell is a two-terminal device fabricated from cadmium sulfide with resistance that varies with illumination changes in the visible spectrum from 400 to 700 nm.

Data transfer from the sensors to the NI myRIO is implemented by means of various protocols. The absolute pressure and temperature IMU-sensor transmits data via the I2C interface. Capacitive humidity sensing digital temperature and humidity module DHT22 uses a simplified single-bus communication SDA. Photoresistor PDV-P9203 transmits data over an analog channel (AI). In turn, the data from the NI myRIO is transmitted to the personal computer via the wireless interface IEEE 802.11 (Wi-Fi).

The metrological characteristics of the developed WSM are presented in table 1.

Table 1. Metrological characteristics of the WSM

Characteristic, unit	Value
Temperature measurement range, °C	from minus 40 to 85
Limit of absolute error of temperature measurement, °C	± 2
Pressure measurement range, mm Hg	from 195 to 945
Limit of absolute error of pressure	± 1,5

measurement, mm Hg	
Continuation of table 1	
Characteristic, unit	Value
Humidity measurement range, %	from 0 to 99,9
Limit of absolute error of humidity measurement, %	$\pm 2$
The spectral range, nm	from 400 to 700
Sensitivity of illumination measurement, Ohm/lux	0,9

Figure 2 shows photo of system for measuring environmental parameters.

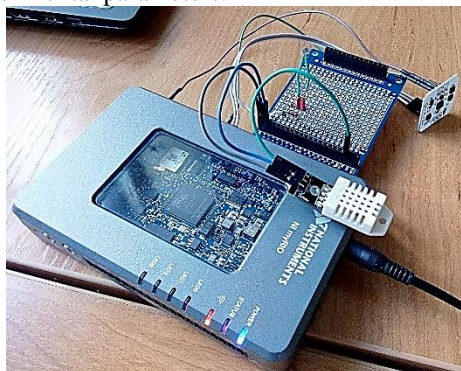


Fig. 2. Photo of WSM

### System software

The LabVIEW graphical environment was chosen for the system software development, which was carried out in accordance with a modular approach. Since the temperature and pressure data are obtained from the same sensor, the developed program includes a temperature and pressure measurement module, a humidity measurement module and an illumination measurement module. All software modules have the same operation principle: sending a request for data transmission to the sensor, receiving and processing information. Each module has its own features of this operation sequence depending on the data transfer protocol.

Since all three sensors use FPGA to communicate with the NI myRIO, data transfer processes from all

three sensors have been synchronized through the function blocks of the Semaphore VIs palette which allow to limit the number of tasks that can simultaneously work with a shared resource.

Figure 3 shows a fragment of the front panel of the program. The user needs to set the following parameters: number of measurement, measurement rate, need of displaying seconds in the table, path to saved file with the measurement results.

All measurement data are summarized in table, containing information about the measurement date, time and measured values, which is also automatically saved to file. In addition to the table on the front panel, the data are displayed as updated in real time graphs showing the dependence of each measured quantity on time.

### Conclusion

Developed automated wireless system for measuring environmental parameters based on the NI myRIO platform allows to obtain measurement data about temperature, relative humidity of ambient air, atmospheric pressure and illumination in real time with a specified measurement rate.

System for measuring environmental parameters meets the requirements of mobility, scalability, modularity and parallelism. It can be used as a meteorological station or module in the "Smart Home" system, as well as for controlling the microclimate parameters in the premises and influencing quantities during verification/calibration of measuring instruments.

### References

1. NI myRIO [e-resource]: URL: <http://www.ni.com/myrio/> (Дата обращения 01.05.2017).
2. LPS331AP. [e-resource]. – Режим доступа: <http://www.pololu.com/>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 01.05.2017).
3. DHT22. [e-resource]. – Режим доступа: [www.aosong.com/](http://www.aosong.com/), свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 01.05.2017).

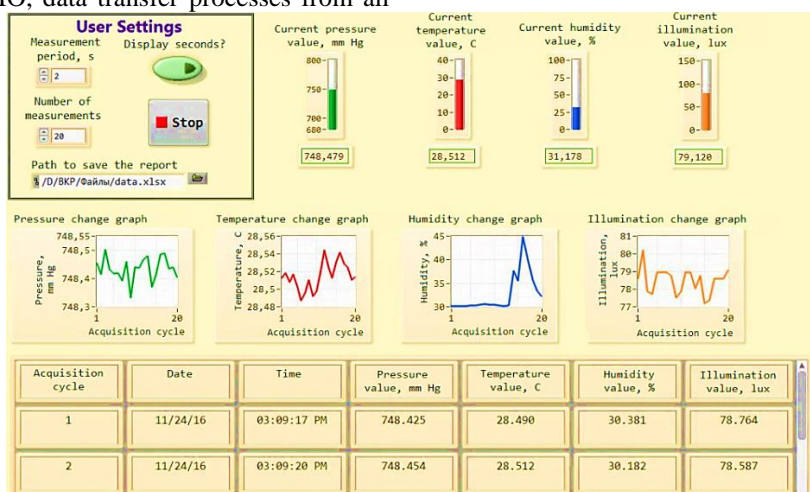


Fig. 3. A fragment of the front panel of the program

## РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ КООРДИНАЦИИ ГРУППЫ БВС В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Р.И. Перминов

Научный руководитель: В.С. Шерстнев

Томский политехнический университет

E-mail: rip2@tpu.ru, vss@tpu.ru

### Введение

На данный момент беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА), в частности квадрокоптеры, имеют широкую сферу применения: от развлекательных до военных целей. Перед ними ставятся различные практические задачи: формирование 2D и 3D карт местностей, мониторинг безопасности, взятие проб воздуха, фото и видео съёмка высокого качества и многое другое [1]. Развитие в этой области является перспективным.

БПЛА включают в себя следующие подсистемы: управляющая подсистема; подсистема обеспечения полета, куда можно также включить подсистему датчиков (гироскопы, акселерометры, акустические, бародатчики и т.д.); подсистема связи; подсистема фото и видео съёмки и другие.

Целью данной работы является разработка подсистемы радиосвязи для координации группы квадрокоптеров. Эта подсистема включает в себя как аппаратную, так и программную составляющие. В данной статье рассматривается программная составляющая, в частности: разработка и реализация протокола обмена данными между БПЛА и наземной станцией управления полетом (далее – НСУ).

### Описание системы и постановка задачи

Разрабатываемая система включает в себя квадрокоптеры, имеющие некоторые особенности. Так, например, эти БПЛА являются автономными, т.е. они управляются центральным процессором, расположенным на борту. Управляющая программа полностью контролирует полет квадрокоптера и функционирует под операционной системой (далее – ОС). Таким образом, квадрокоптеры являются сложными самостоятельными аппаратами, которым не требуется непосредственное управление со стороны оператора. Оператору, в данном случае, необходимо контролировать корректность выполнения задачи (в частности отслеживать местоположение БПЛА или, например, получать показания датчиков, включенных в устройства), а также периодически передавать некоторые команды (взлет, приземление, исполнение той или иной задачи) и данные. Также, перед началом работы, оператор передает специальные телеметрические таблицы большого объема, содержащие маршрут перемещения БПЛА, которые обрабатывает управляющая программа.

Значимым является то, что система состоит из нескольких квадрокоптеров, которые могут удалиться от НСУ на расстояние более, чем 5 км. При этом обмен данными должен происходить как между одним БПЛА и НСУ, так и между несколькими БПЛА и одним НСУ одновременно.

Следовательно, подсистема связи должна обеспечить гарантированную передачу коротких команд, передачу данных малого и большого объема.

Так как все устройства взаимодействуют по радиоканалу, то все объекты системы имеют одновременный доступ к среде передачи, что способствует появлению коллизий. Перед протоколом передачи данных ставится задача обеспечить корректное взаимодействие внутри системы.

### Протокол передачи данных

Разрабатываемый протокол основывается на архитектуре ведущий-ведомый. Ведущим является НСУ, ведомым – БПЛА. Таким образом, НСУ инициализирует транзакцию (передачу информации): отправляет запрос (короткую команду или данные) и ожидает ответа от БПЛА. Такая концепция позволяет построить корректное взаимодействие устройств системы на основе тайм-слотов: каждое устройство осуществляет передачу только в выделенный для него промежуток времени, что позволяет избежать появления коллизий (с учетом правильного подбора слотов).

Данный протокол поддерживает два функциональных вида транзакций: передача команд и передача данных. Для каждого из видов транзакций спроектированы соответствующие структуры передаваемых данных (пакетов).

Первое поле (первый передаваемый байт) любого пакета – поле флагов. Данное поле разбито на 8 функциональных бит, каждый из которых определяет вид пакета (всего предусмотрено 13 различных видов пакетов).

Для обеспечения гарантии доставки передаваемых данных предлагается ожидание положительной квитанции (подтверждения о доставке) на любой информационный пакет ведущего. Вспомогательной функцией является незамедлительный повтор передачи, в случае провала доставки пакета (отсутствия получения квитанции о доставке). При этом, число повторных попыток передачи задается оператором НСУ.

Наиболее простой транзакцией является

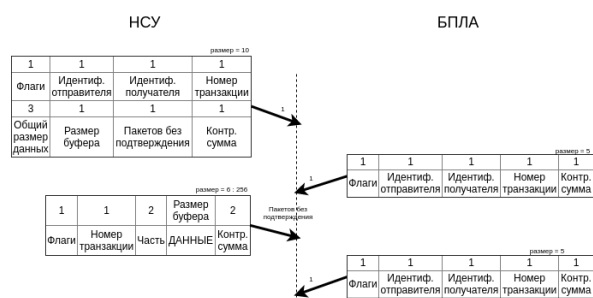


передача коротких данных (команд). Для данного вида транзакции старший бит поля флагов устанавливается в единицу. Остальные биты представляют собой номер команды. Помимо поля флагов, пакет с командой содержит еще 4 байта: идентификатор отправителя и получателя, номер транзакции, а также контрольную сумму. Для случая передачи команды, ведомый, в качестве положительной квитанции, повторяет принятый пакет, но меняет содержимое идентификаторов устройств.

При транзакции по передаче более длинных данных возникают некоторые ограничения. Первым ограничением является размер буфера приемопередатчика. Второе ограничение вызвано общеизвестным фактом, что более длинная последовательность данных, статистически, больше подвержена влиянию сторонних помех, чем более короткая. Эти ограничения вынуждают уменьшать размер передаваемого пакета, формируя короткие порции данных. Третьим ограничением является то, что дальность передачи уменьшается с увеличением скорости обмена данными (увеличением частоты передачи) [2].

Таким образом, для передачи данных большого объема, формируется вспомогательный функционал, настраиваемый оператором НСУ. Функционал включает:

- формирование порции данных определенного размера;
- разрешение передачи части пакетов без подтверждения со стороны ведомого;
- наличие сервисного пакета, предназначенного



для синхронизации ведущего и ведомого.

На рис. 1 приведена схема обмена данными между НСУ и БПЛА.

Рис. 1. Схема передачи данных

Как видно из схемы, первым передается вспомогательный сервисный пакет. Он определяет размер и порядок передачи следующих пакетов с данными. После получения положительной квитанции от ведомого, ведущий переходит к передаче информационных пакетов. При этом, ведущий ожидает принять положительные квитанции от тех устройств, которые ему ответили

на сервисный пакет, а также от тех устройств, которые отвечают на информационные пакеты, но по каким-то причинам ответ на сервисный от них получен не был.

Положительный момент использования сервисного пакета заключается в том, что объем сервисной информации, передаваемой вместе с данными сокращается. Тем самым увеличивается коэффициент полезного использования буфера радиоприемника (для устройств с объемом буфера в 64 байта на ~10%). Также плюсом является то, что размер буфера и число пакетов, которые можно принять без подтверждения, являются динамическими параметрами, которые оператор может задать на НСУ, не настраивая драйвер на БПЛА (который может находиться в полете). Удачная настройка этих параметров позволяет сократить время передачи данных, обеспечивая, при этом, надежность.

Протокол предусматривает передачу данных одним коротким пакетом, если размер пакета (данные и сервисная информация) меньше или равен размеру буфера приемника.

### Заключение

Спроектированный протокол был реализован в виде кроссплатформенного программного обеспечения (далее – ПО), функционирующего как на БПЛА, так и на НСУ. Данное ПО разрабатывалось для взаимодействия управляющей программы с радиопередатчиком любого вида, т.е. это ПО является универсальным драйвером.

Разработанное ПО на основе созданного протокола было подвержено реальным испытаниям. Было отмечено, что ПО соответствует условию универсальности относительно приемопередатчиков, а также относительно ОС. ПО реализует полный требуемый функционал, включающий гарантию доставки.

При использовании передатчиков APC-340 (433 МГц, технология LoRa), была преодолена дальность передачи в 2,5 км (испытания на более дальних расстояниях не проводились).

### Список использованных источников

1. Области применения беспилотников [Электронный ресурс] / RoboTrends. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/oblasti-primeneniya-bespilotnikov>. - Дата обращения: 16.11.2017 г.;
2. Ричард Уоллес (Texas Instrument). Максимальная дальность связи по радиоканалу в системе: как этого добиться? [Электронный ресурс] / ООО «КОМПЭЛ». URL: <https://www.compel.ru/lib/ne/2015/11/2-maksimalnaya-dalnost-svyazi-po-radiokanalu-v-sisteme-kak-etogo-dobitsya>. - Дата обращения: 16.11.2017 г.;



### **Секция 3. Информационные технологии в производстве и управлении предприятием**

## ФОТОГРАММЕТРИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГА

Беспалов Д.В.

Сотников Н.Н., Гаврилин А.Н., Иванов С.Е., Козырев А.Н.

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет

e-mail: [raiber1994@gmail.com](mailto:raiber1994@gmail.com)

*В статье раскрывается понятие фотограмметрии и реверс-инжиниринга, приведен метод реверс-инжиниринга и его описание. Проведен и описан эксперимент по созданию 3D модели, при помощи метода фотограмметрии.*

**Ключевые слова:** Фотограмметрия, PhotoScan, реверс-инжиниринг.

Актуальность работы обусловлена необходимостью воспроизведения предметов как в 3D модели, так и на чертежах, в связи с огромным их разнообразием. Метод получения необходимой документации и модели, имея только предмет, называется реверс-инжиниринг (обратное проектирование). Одним из методов реверс-инжиниринга является фотограмметрия. Фотограмметрия – метод определения характеристик объекта, таких как форма, размеры и т.д. по его фотографиям.

В настоящее с помощью фотоаппарата, компьютера, и соответствующего программного обеспечения можно получить практически любую трехмерную модель, используя метод фотограмметрии.

Достоинства метода:

- Высокая точность результатов, обеспечивается с помощью камер повышенной точностью (прецизионными);
- Быстрая обработка результатов;
- Съемка объекта ведется бесконтактным методом;
- Нет необходимости в покупке дорогого оборудования;
- Низкая квалификация рабочего для получения 3D модели.

Недостатки метода:

- Необходимость подготовки поверхности;
- Необходимость обеспечения высокого качества фотографий;
- Время обработки результатов выше, чем при лазерном сканировании;
- Обеспечение хорошего освещения;

Для того чтобы получить модель необходимо подготовить поверхность, избавиться от бликов. Добиться этого можно с помощью нанесения талька, гуаши или других материалов способных избавиться от бликов. На глянцевые или зеркальные поверхности можно нанести маркеры, стикеры, точки, которые при построении 3D модели помогут программе построить опорные точки. Но при этом качество поверхности заметно

ухудшается. Также, необходимо обеспечить хорошее освещение, фотографии не должны быть засвечены или затемнены.

Для построения 3D модели существует алгоритм [1], состоящий из двух процессов:

Процесс построения плотного облака точек:

- 1) Загрузка фотографий и их выборка (при наличии лишних) в программу;
- 2) Определение положения и ориентации камеры;
- 3) Получение связующих точек;
- 4) Получение плотного облака точек.

Процесс построения текстуры:

- 1) Построение трехмерной полигональной модели;
- 2) Построение текстуры модели.

В ходе эксперимента построены три трехмерные модели в программном продукте PhotoScan. В роли объекта сложной формы выступает компьютерная мышь (Рис.1).

Эксперимент №1. Фотоаппарат - Canon EOS REBEL T2i. Количество пикселей матрицы фотоаппарата – 18 МПикс. Размер получаемых фотографий 4272x2848 пикселей, разрешение 72 точек на дюйм. Размер каждой фотографии около 2,6 Мб. Значение ISO – 200. Количество используемых фотографий – 54.



Рис.1. Объект сложной формы

При проведении эксперимента соблюдались основные правила [1]:

- недопустимо использование сверхширокоугольных фотокамер;
- разрешение камеры должно быть 5 МПикс и выше;
- на фотоаппарате рекомендуется установить фиксированное фокусное расстояние;
- предпочтительно фотографировать при минимальном размере диафрагме;
- использовать RAW данные, конвертированные без потерь в формат TIFF;
- рекомендуется снимать фотографии с максимально возможным разрешением;

- необходимо установить минимально возможное значение ISO.

При таком качестве фотографий для построения трехмерной модели потребовалось 25 часов при технических характеристиках компьютера: ОЗУ 8 Гб; Процессор 4 ядра 3,8 ГГц; Видеокарта Radeon HD 6670. Результаты эксперимента представлены на рис.2.

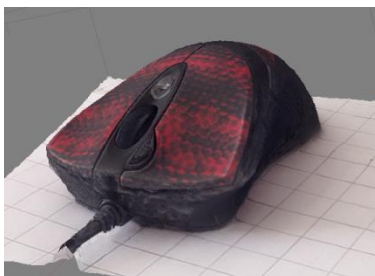


Рис.2. Результаты первого эксперимента

Эксперимент №2. Фотоаппарат - iPhone 5. Количество пикселей матрицы фотоаппарата – 8 МПикс. Размер получаемых фотографий 1920x1080 пикселей, разрешение 72 точек на дюйм. Размер каждой фотографии около 120 Кб. Значение ISO – 1000. Количество фотографий – 27.

При тех же технических характеристиках компьютера для построения трехмерной модели потребовалось 4 часа. Результаты эксперимента представлены на рис.3.



Рис.3. Результаты второго эксперимента

Эксперимент №3. Фотоаппарат - Sony Xperia M2. Количество пикселей матрицы фотоаппарата – 5 МПикс. Размер получаемых фотографий 3264x2448 пикселей, разрешение 72 точек на дюйм. Размер каждой фотографии около 300 Кб. Значение ISO – 1600. Количество используемых фотографий – 22.

При тех же технических характеристиках компьютера для построения трехмерной модели потребовалось 2 часа. Результаты эксперимента представлены на рис.4.

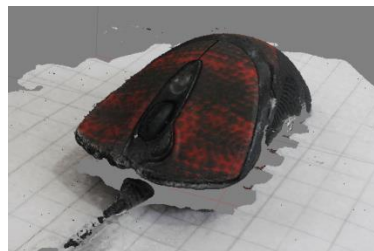


Рис.4. Результаты третьего эксперимента  
Полученная 3D модель экспортировалась в SolidWorks (рис.5).

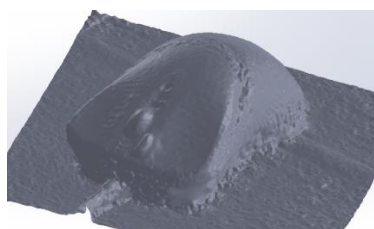


Рис.6. Экспортированная модель в SolidWorks

На основании анализа результатов построения трехмерных моделей можно сделать следующие выводы:

1. При использовании качественных фотографий и хорошо технически оснащенного компьютера можно получить 3D модель объекта сложной формы близкую к реальной с помощью метода фотограмметрии.

2. При увеличении качества фотографий, время обработки и качество модели существенно увеличивается.

#### Список использованных источников

1. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan: Professional Edition, версия 1.0.0 [Электронный ресурс], URL: [http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscanpro\\_1\\_0\\_0\\_ru.pdf](http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscanpro_1_0_0_ru.pdf).

2. Безменов В.М. Фотограмметрия, построение и уравнение аналитической фототриангуляции: учебно-методическое пособие. – Казань, 2009, 86с.

3. Сечин А.Ю. Некоторые аспекты использования современных цифровых фотограмметрических камер [электронный ресурс], URL: [www.racurs.ru/?page=448](http://www.racurs.ru/?page=448).

4. Хрущ. Р.М. Этапы становления и развития фотограмметрии в России // Геодезия и картография. – 2003. - №7.

## РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ МЕЖИНТЕРФЕЙСНОГО АДАПТЕРА AXI-TO-SPI НА ПЛИС

Старшинов В.С.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н., доцент каф. ИСТ ТПУ

Томский политехнический университет

E-mail: vss21@tpu.ru

### Введение

Одной из самых острых и актуальных проблем в области систем связи на сегодняшний день является проблема совместимости различных видов устройств. Для решения задачи совместимости интерфейсов используются межинтерфейсные адаптеры. В данном случае стояла задача совмещения персонального компьютера и цифро-аналогового преобразователя через программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС).

Данный преобразователь можно использовать в качестве радиопередатчика сигналов, для воспроизведения звука и видеопроигрывания [1].

### Описания блоков адаптера

Блок AXI\_SLAVE является устройством, обеспечивающим прием данных с ПК (рис. 1).

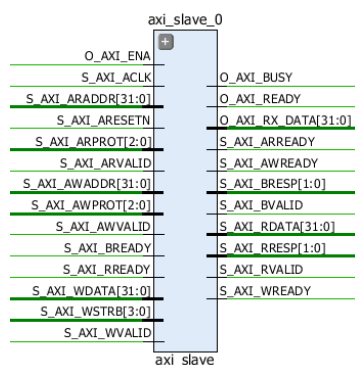


Рис. 1. Блок AXI\_SLAVE

### Входы:

S\_AXI\_ACLK – глобальный сигнал тактирования частотой 100МГц, S\_AXI\_ARESETN – глобальный сигнал сброса, активный уровень – низкий, S\_AXI\_ARADDR [31..0] – входной синхросигнал 250МГц, S\_AXI\_AWPROT [2..0] – адрес, по которому будут записываться данные, S\_AXI\_AWVALID – сигнал подтверждает, что на AWADDR выставлен актуальный адрес, S\_AXI\_WDATA [31..0] – данные для записи, S\_AXI\_WSTRB [2..0] – сигнал показывает, какие из байтов на WDATA будут записаны, S\_AXI\_WVALID – сигнал подтверждает, что на WDATA находятся актуальные данные, S\_AXI\_BREADY – сигнал отражает готовность устройства принять статус записи, S\_AXI\_ARADDR [31..0] – адрес, по которому будут прочитаны данные, S\_AXI\_ARPROT [2..0] – сигнал устанавливает тип привилегий и уровень безопасности для транзакций, S\_AXI\_ARVALID – сигнал подтверждает, что на ARADDR выставлен актуальный адрес, S\_AXI\_RREADY – сигнал отражает готовность устройства принять статус

записи, O\_AXI\_ENA [31..0] – сигнал, который дает разрешение на передачу данных в следующий блок.

### Выходы:

S\_AXI\_AWREADY – сигнал отражает готовность устройства принять адрес записи и соответствующие сигналы управления, S\_AXI\_WREADY – сигнал отражает готовность устройства принять данные и соответствующие сигналы управления, S\_AXI\_BRESP [1..0] – сигнал отражает готовность устройства, S\_AXI\_BVALID – сигнал подтверждает, что на BRESP находятся актуальные данные, S\_AXI\_ARREADY – сигнал отражает готовность устройства принять адрес чтения и соответствующие сигналы управления, S\_AXI\_RDATA [31..0] – прочитанные данные, S\_AXI\_RRESP [1..0] – статус произведенной операции чтения, S\_AXI\_RVALID – сигнал актуальности данных на RRESP, O\_AXI\_BUSY – сигнал, который показывает, идет ли передача данных, O\_AXI\_RX\_DATA [31..0] – данные, передаваемые на блок AXI\_TO\_SPI, O\_AXI\_READY – сигнал, который сообщает о завершении передачи данных.

### Принцип работы блока AXI\_SLAVE:

Блок AXI\_SLAVE принимает команды и адрес и с помощью многочисленных настроек осуществляет взаимодействие с ПК. Данный блок является ведомым устройством, который принимает данные от ведущего устройства, которым выступает в данной ситуации ПК Частота приходящих команд на данный блок равно 250 МГц [2].

Блок DIVIDER\_FREQ является делителем входной частоты (уменьшает входную частоту до 25 МГц) (рис. 2).

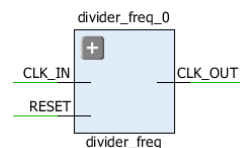


Рис. 2. Блок SPI\_MASTER

### Входы:

CLK\_IN – входной синхросигнал 250МГц, RESET – глобальный сброс.

### Выход:

CLK\_OUT – выходной синхросигнал 25МГц.

Блок AXI\_TO\_SPI является устройством, обеспечивающим передачу сигнала с блока AXI\_SLAVE в блок SPI\_MASTER, то есть фактически является межинтерфейсным адаптером (рис. 3) [2, 3].

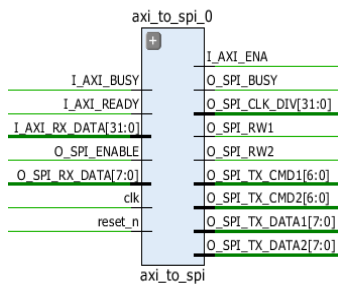


Рис. 3. Блок AXI\_TO\_SPI

#### Входы:

clk – входной синхросигнал 250МГц, reset\_n – глобальный сигнал сброса, I\_AXI\_BUSY – сигнал, передачи данных, I\_AXI\_READY – сигнал, который сообщает о завершении передачи данных, I\_AXI\_RX\_DATA [31..0] – данные, получаемые с блока AXI\_SLAVE, O\_SPI\_ENABLE – настройка адреса для транзакции, O\_SPI\_RX\_DATA [7..0] – данные, получаемые блоком SPI\_MASTER.

#### Выходы:

I\_AXI\_ENA – сигнал, который дает разрешение на передачу данных в следующий блок, O\_SPI\_BUSY – показывает, передаются ли данные в данный момент, O\_SPI\_CLK\_DIV [31..0] – установка скорости, O\_SPI\_RW1 – чтение/запись 1 команды, O\_SPI\_RW2 – чтение/запись 2 команды, O\_SPI\_TX\_CMD1 [6..0] – 1 порция передаваемых команд, O\_SPI\_TX\_CMD2 [6..0] – 2 порция передаваемых команд, O\_SPI\_TX\_DATA1 [7..0] – 1 порция передаваемых данных, O\_SPI\_TX\_DATA2 [7..0] – 2 порция передаваемых данных.

#### Принцип работы блока AXI\_TO\_SPI:

Блок AXI\_TO\_SPI выполняет роль преобразователя данных из параллельного вида в последовательный. Данный блок разделяет подаваемое с блока AXI\_SLAVE 32-разрядное слово на 4 порции данных по 8 бит каждая, из которых 2 порции являются командами, выполняющие роль адресов необходимых для использования регистров, остальные 2 порции являются названиями этих регистров (рис. 4).

Bit Description:	MSB					LSB	
	RW	Commands	Data	RW	Commands	Data	
Bits:	31	30 - 24	23 - 16	15	14 - 8	7 - 0	

Рис. 4. Формат транзакций блока AXI\_TO\_SPI

Блок SPI\_MASTER выводит данные побитово на ЦАП (рис. 5).

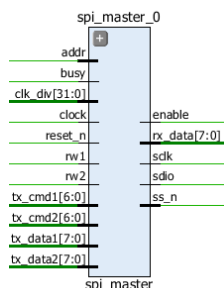


Рис. 5. Блок SPI\_MASTER

#### Входы:

clock – входной синхросигнал 25МГц, reset\_n – глобальный сигнал сброса, addr – установка адреса, busy – занятость сигнала, clk\_div [31..0] – установка скорости, rw1 – 1 команда чтения/записи, rw2 – 2 команда чтения/записи, tx\_cmd1 [6..0] – 1 порция передаваемых команд, tx\_cmd2 [6..0] – 2 порция передаваемых команд, tx\_data1 [7..0] – 1 порция передаваемых данных, tx\_data2 [7..0] – 2 порция передаваемых данных.

#### Выходы:

enable – разрешение на передачу данных, rx\_data [7..0] – считываемые данные, sclk – тактовая частота передаваемых сигналов 25 МГц, sdio – последовательная выдача инструкций и данных, ss\_n – выбор ведомого устройства.

#### Принцип работы SPI\_MASTER:

После передачи данных на блок SPI\_MASTER они записываются в сдвиговый регистр, после чего выдача данных побитово. В качестве последовательности выдаваемых данных выступает бит инструкции и бит данных. Эта последовательность данных передается на блок передатчика ЦАП [3].

#### Заключение

В работе представлена реализация блоков, а также описан принцип работы блоков AXI\_SLAVE и DIVIDER\_FREQ. Совместная работа данных блоков позволяет принять данные и адреса регистров с ПК с частотой передачи 250МГц для передачи данных в остальные блоки.

#### Список использованных источников

1. Архитектура ПЛИС (FPGA) // Марсход – open source hardware project [Электронный ресурс]. – URL: <http://micro-proger.ru/2016/03/17/plis-fpga-i-mikrokontroller-v-chem-raznica/> (дата обращения 12.04.2017).
2. AXI4-Lite IP Interface (IPIF) // Xilinx All Programmable [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.xilinx.com/products/intellectual-property/axi\\_lite\\_ipif.html](https://www.xilinx.com/products/intellectual-property/axi_lite_ipif.html) (дата обращения 12.04.2017).
3. Ключев А.О., Ковязина Д.Р., Петров Е.В., Платунов А.Е. Интерфейсы периферийных устройств. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 123 с.



## РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРА СИНУСОИДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ SOFT-ПРОЦЕССОРА MICROBLAZE И ПЛИС

Старшинов В.С.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н., доцент каф. ИСТ ТПУ

Томский политехнический университет

E-mail: vss21@tpu.ru

### Введение

В настоящее время имеется проблема подключения устройств по различным интерфейсам. Устройства межинтерфейсного взаимодействия позволяют решить эту проблему, а на их основе можно реализовать генератор синусоидальных сигналов. Взаимодействие блоков происходит по принципу master-slave [1].

### Структурно-функциональная схема устройства

Устройство, выполняющее функцию генератора синусоидальных сигналов, состоит из модулей AXI\_TO\_SPI\_DEVICE, soft-процессора Microblaze, цифро-аналогового преобразователя MCP4922, динамической памяти DDR SDRAM A2S56D40 СТР, преобразователя USB\_UART и др. (рис. 1) [1].

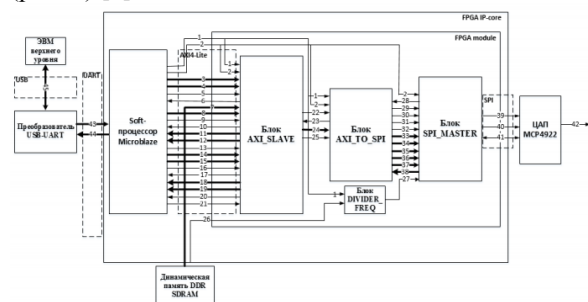


Рис. 1. Структурно-функциональная схема устройства

Сигналы устройства:

1: S\_AXI\_ACLK, 2: S\_AXI\_RESETN, 3: S\_AXI\_AWADDR [31..0], 4: S\_AXI\_AWPROT [2..0], 5: S\_AXI\_AWVALID, 6: S\_AXI\_AWREADY, 7: S\_AXI\_WDATA [31..0], 8: S\_AXI\_WSTRB [2..0], 9: S\_AXI\_WVALID, 10: S\_AXI\_WREADY, 11: S\_AXI\_BRESP [1..0], 12: S\_AXI\_BVALID, 13: S\_AXI\_BREADY, 14: S\_AXI\_ARADDR [31..0], 15: S\_AXI\_ARPROT [2..0], 16: S\_AXI\_ARVALID, 17: S\_AXI\_ARREADY, 18: S\_AXI\_RDATA [31..0], 19: S\_AXI\_RRESP [1..0], 20: S\_AXI\_RVALID, 21: S\_AXI\_RREADY, 22: O\_AXI\_BUSY, 23: O\_AXI\_ENA, 24: O\_AXI\_RX\_DATA [31..0], 25: O\_AXI\_READY, 26: RESET, 27: CLK\_OUT, 28: M\_SPI\_ENABLE, 29: M\_SPI\_BUSY, 30: M\_SPI\_ADDR, 31: M\_SPI\_RW1, 32: M\_SPI\_RW2, 33: M\_SPI\_CLK\_DIV [31..0], 34: M\_SPI\_TX\_CMD1 [cmd\_width-2..0], 35: M\_SPI\_TX\_CMD2 [cmd\_width-2..0], 36: M\_SPI\_TX\_DATA1 [d\_width-1..0], 37: M\_SPI\_TX\_DATA2 [d\_width-1..0], 38:

M\_SPI\_RX\_DATA [d\_width-1..0], 39: M\_SPI\_SCLK, 40: M\_SPI\_SS\_N, 41: M\_SPI\_SDIO, 42: Vouta, 43: TxD, 44: RxD, 45: DATA

### Описание работы устройства

Модуль AXI\_TO\_SPI\_DEVICE обеспечивает передачу сигнала с блока AXI\_SLAVE в блок SPI\_MASTER, то есть фактически является межинтерфейсным адаптером. Адаптер обеспечивает преобразование параллельного 32-разрядного сигнала в последовательный цифровой сигнал. Блок AXI\_TO\_SPI выполняет роль преобразователя данных из параллельного вида в последовательный. Данный блок разделяет подаваемое с блока AXI\_SLAVE 32-разрядное слово на 4 порции данных по 8 бит каждая, из которых 2 порции являются командами, выполняющие роль адресов необходимых для использования регистров, остальные 2 порции являются данными для передачи. Блок DIVIDER\_FREQ является делителем частоты для увеличения производительности межинтерфейсного адаптера. Блок SPI\_MASTER передает данные на ЦАП побитово: сначала идет команда, а потом соответствующие ей данные. Интерфейс передачи - SPI.

Блок soft-процессора Microblaze обеспечивает снижение нагрузки на другие шины для доступа к внутренней памяти ПЛИС (рис. 2). Интерфейс с сопроцессором Microblaze может помочь ускорить работу алгоритмов с большим количеством вычислений, а также передает часть вычислений в аппаратный блок (модуль AXI\_TO\_SPI\_DEVICE) [3].



Рис. 2. Формат транзакций блока AXI\_TO\_SPI

Преобразователь USB\_UART обеспечивает преобразование принимаемых данных по USB с последовательной передачей на UART для подачи данных на soft-процессор Microblaze.

Цифро-аналоговый преобразователь MCP4922 считывает данные с ПЛИС в последовательном виде и преобразует в синусоидальный сигнал. Выбор данного ЦАП был осуществлен из-за дешевизны микросхемы.

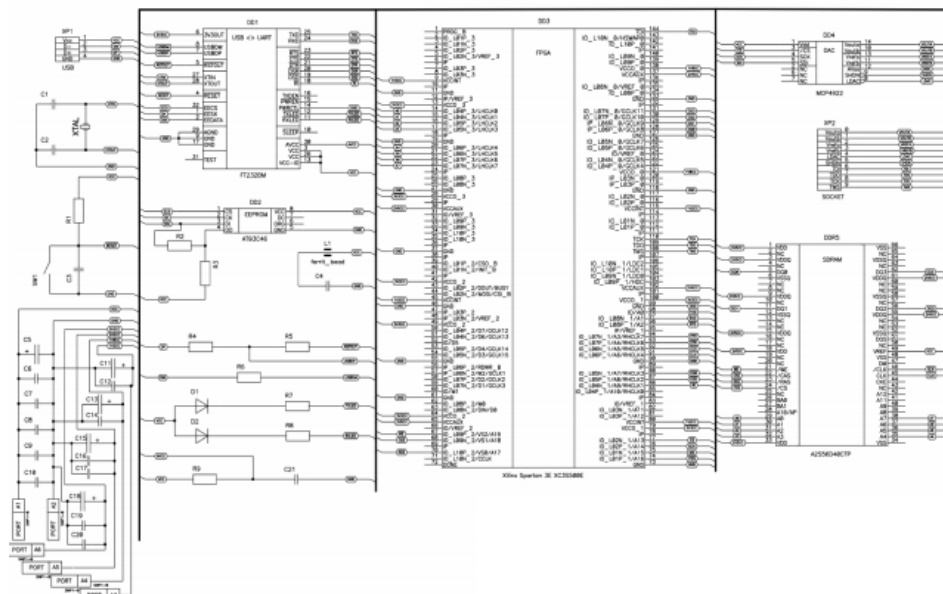


Рис. 3. Принципиальная схема генератора синусоидального сигнала

Синхронная динамическая память DDR SDRAM A2S56D40 CTP удваивает скорость передачи данных без увеличения тактового сигнала шины памяти.

Подключение ПК к устройству будет осуществляться через интерфейс USB (XP1), то есть с ЭВМ верхнего уровня [1, 3].

#### Принципиальная схема устройства и проектирование печатных плат

Для проектирования устройства была разработана принципиальная схема с помощью программы PCAD (рис. 3).

Для того, чтобы создать устройство на печатной плате, надо провести этапы компоновки и трассировки элементов на печатной плате. Для выполнения этих этапов надо сформировать нетлист, который создается после создания принципиальной схемы [2].

Верхний и нижний слои печатных плат представлены на рис. 4 и рис. 5 соответственно.

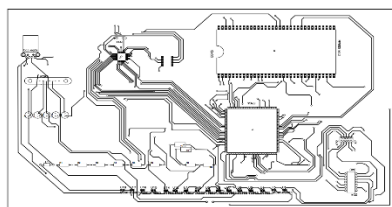


Рис. 4. Верхний слой печатной платы

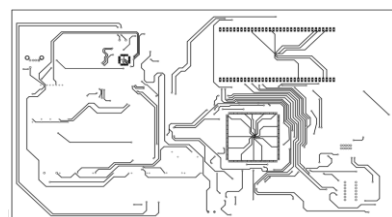


Рис. 5. Нижний слой печатной платы

Результаты полученных синусоидальных сигналов при задании оператором тестовых наборов CBEFF3A2 и 26DFBE34 можно увидеть на рис. 6.



Рис. 6. Результаты полученных синусоидальных сигналов (слева - CBEFF3A2, справа - 26DFBE34)

#### Заключение

В данной работе рассмотрена структурно-функциональная и принципиальная схемы генератора синусоидальных сигналов, описана работа устройства и приведены результаты исследований при подаче 2 тестовых наборов

#### Список использованных источников

1. Ключев А.О., Ковязина Д.Р., Петров Е.В., Платунов А.Е. Интерфейсы периферийных устройств. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010.
2. Самоучитель по P-CAD // P-CAD LIB [Электронный ресурс]. – URL: <http://lib.qrz.ru/book/export/html/6676> (Дата обращения 13.09.2017).
3. MicroBlaze - семейство тридцатидвух-разрядных микропроцессорных ядер, реализуемых на основе ПЛИС фирмы Xilinx // Рынок микроэлектроники [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/03\\_09/stat\\_48.htm](http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/03_09/stat_48.htm) (Дата обращения 13.09.2017).

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

А.Б. Ким, Чжоу Ухуэй  
Томский политехнический университет  
*bogowhich@tpu.ru*

### Введение

Анализ конструкций инструментов для обработки глубоких отверстий показал, что наибольшую эффективность по точности, качеству поверхностного слоя и производительности обработки эти инструменты достигают при использовании принципа определенности базирования. В процессе конструирования данных инструментов часто применяются САЕ-системы для инженерных расчетов, а также проводятся эксперименты для определения параметров для МКЭ и проверки результатов инженерных расчетов.

### Методика и оборудование

Расчет инструментов с определенностью базирования на прочность и жесткость предусматривает расчет восстанавливающих и опрокидывающих моментов, действующих на инструмент. Для расчета этих моментов необходимо знать систему сил, действующих на инструмент [1]. Для сверла БТА эта система сил представлена на рис. 1. Указанная силовая нагрузка рассчитывалась по формулам, приведенным в [2].

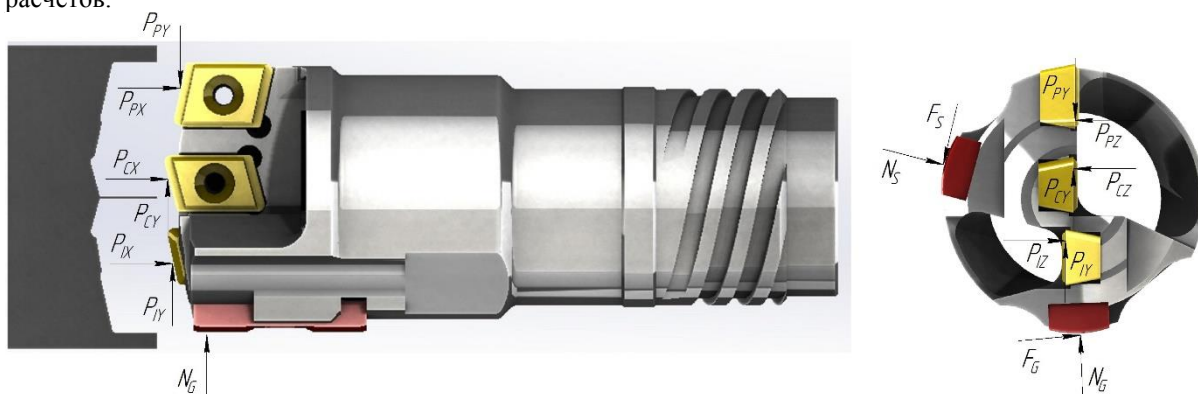


Рис. 1. Система сил, действующих на сверло БТА

Используя рассмотренную выше систему сил и моментов, был выполнен расчет напряжений и деформаций, возникающих в процессе сверления в сверле БТА. Расчет выполнялся в программе ANSYS 12.

Составляющие силы резания  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $P_y$ , действующие на режущие кромки сверла, определялись экспериментально путем моделирования процесса сверления точением на токарном станке (см. рис. 2). В процессе резания сверло БТА 4 закрепляли в специальном приспособлении 5, установленном на динамометре 3; заготовка 2 закреплялась в патроне станка 1. В качестве измерительного устройства использовали токарный трехкомпонентный динамометр мод. 9257BA фирмы Kistler (Швейцария).

Для плавного регулирования скорости резания использовался токарно-винторезный станок модели V-Turn 410 фирмы Knuth (Германия) с бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя станка. Для определения составляющих силы резания, действующих на каждую из трех режущих пластинок сверла БТА, в качестве образцов использовали трубчатые заготовки, диаметры заготовки и толщины стенок принимались различными. Материал заготовок – сталь 20Х (0,2% С). Для того чтобы механические свойства экспериментальных образцов не имели

большого разброса, заготовки получали из одной партии круглого проката.

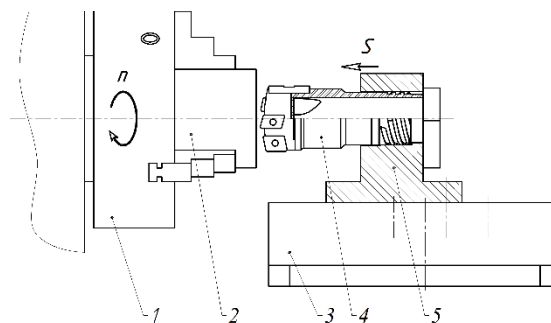


Рис. 2. Экспериментальная установка

### Результаты

Результаты экспериментов по точению, а также рассчитанные значения усилий, действующих на опорную и направляющую пластины, представлены в таблице ниже. Далее эти данные были использованы для проведения расчетов методом конечных элементов.

Таблица. Исходные данные для расчетов

$P_{CZ}, H$	$P_{IZ}, H$	$P_{PZ}, H$
440	250	600
$P_{CX}, H$	$P_{IX}, H$	$P_{PX}, H$
400	220	540
$P_{CY}, H$	$P_{IY}, H$	$P_{PY}, H$
220	120	300
$NS, H$	$NG, H$	---
570	470	---
$FS, H$	$FG, H$	---
140	120	---

Результаты проведенных расчетов  
представлены на рис. 3-5.

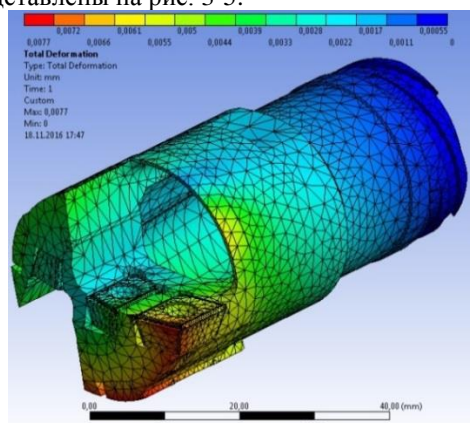


Рис. 3. Перемещения, возникающие под действием нагрузки (головка в сборе с пластинами)

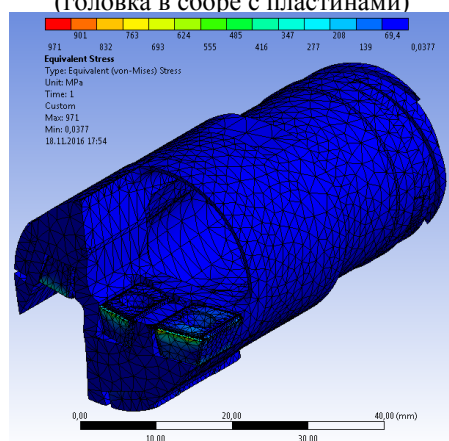


Рис. 4. Напряжения, возникающие под действием нагрузки (головка в сборе с пластинами)

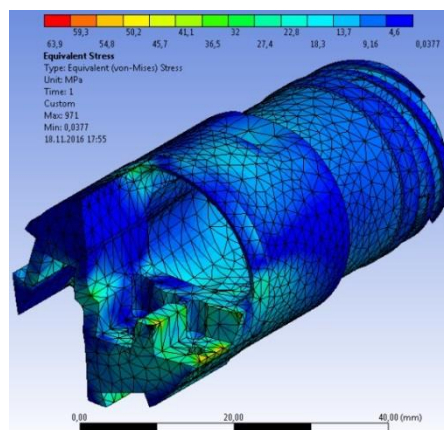


Рис. 5. Напряжения, возникающие под действием нагрузки (головка без пластин)

### Заключение

Из данных исследования следует, что корпус сверлильной головки обладает высокой жесткостью, так как максимальные перемещения периферийной режущей пластины при действии заданной нагрузки не превышают 8 мкм. Максимальные напряжения в корпусе головки не превышают 120 МПа, что обеспечивает десятикратный запас прочности. Максимальные напряжения на режущих кромках периферийной и центральной пластин достигают 970 МПа, что обеспечивает трехкратный запас прочности.

Следующим этапом исследования прочности корпуса сверлильной головки будет оптимизация его конструкции с точки зрения обеспечения минимальной металлоемкости и максимально возможных размеров стружкоприемных отверстий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Договор № 02.G25.31.0148 с ОАО «Свердловский инструментальный завод») в рамках НИОКТР №Н979.210.007/15 от 28 июля 2015 года для ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет».

### Список использованных источников

1. Кирсанов С.В. Обработка глубоких отверстий в машиностроении: справочник / Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г.; под общ. ред. С.В. Кирсанова.- М.: Машиностроение, 2010. – 344 с.
2. Кирсанов С.В. Исследование процесса глубокого сверления стали эжекторными сверлами. Дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. Томск, 1980, 177 с.



## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПО ТЕОРИИ ИГР В ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЕ QM FOR WINDOWS

Пронина О.Ю., Баженов Р.И.  
Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема  
Olia-1995.95@bk.ru

### Введение

В настоящее время существуют разнообразные программные системы, помогающие с легкостью решить трудные задачи. Так и экономические задачи по теории игр можно решить с помощью системы QM for Windows. Такой вариант помогает не только с легкостью решить задачу, но и сэкономить время.

### Обзор исследований

Исследование модуля теории игр в программе Pom Qm for Windows провели У.С. Журавлёва и Р.И.Баженов [1]. Исследование решения задач линейного программирования в системе Pomwin провели Н.Ю. Прохорова и Н.В.Эйрих [2]. расчет продолжительности проекта с помощью программной системы Pomwin описали Н.Ю. Прохорова и Р.И. Баженов [3]. Экономические аспекты информационных технологий в Pomwin О.Ю. Пронина и Р.И. Баженов [4]. О применении модуля деревьев решений программы Qm For Windows в задаче о выдаче ссуды написали В.А.Малышев и Р.И.Баженов [5].

### Описание исследования

Объектом исследования является решение задачи по теории игр в программной системе Qm for Windows.

В качестве примера возьмем задачу на нахождение цены игры, а также вероятности для выбора необходимой альтернативы: имеются два предприятия по продаже электронной техники, которые пытаются увеличить доход от продаж. Для этого у них имеется несколько вариантов решения данной проблемы:

- a1(b1) – увеличить количество реклам для своего товара;
- a2(b2) – расширить ассортимент товара;
- a3(b3) – увеличить сеть по сбыту техники;
- a4(b4) – ничего не делать (рис. 1).

	b1	b2	b3	b4
a1	-5	-4	-3	7
a2	-4	0	-4	6
a3	-2	-3	-5	6
a4	-3	-5	-2	0

Рис. 1. Данные для решения задачи

Для того чтобы решить данную задачу, необходимо для начала запустить систему Qm for Windows (рис. 2).

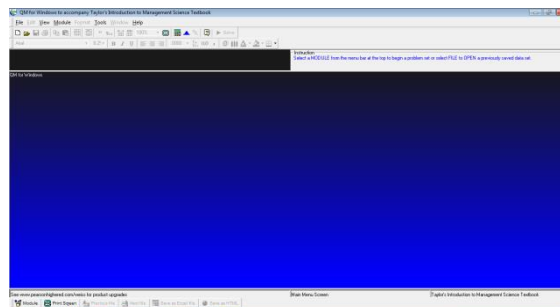


Рис. 2. Запуск системы Qm for Windows

Далее необходимо во вкладке Module выбрать модуль Game Theory (рис. 3).

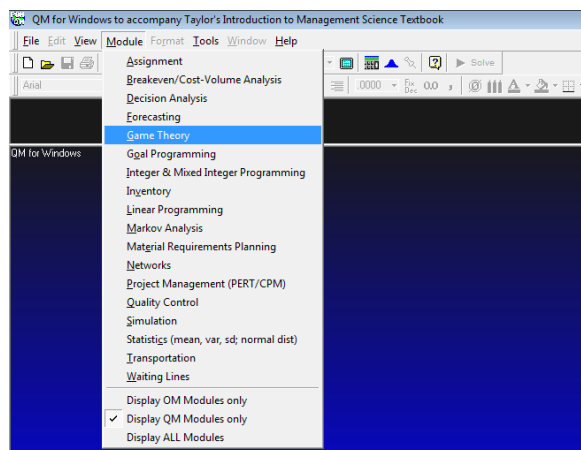


Рис. 3. Выбор модуля

Затем необходимо создать новый проект (рис. 4).



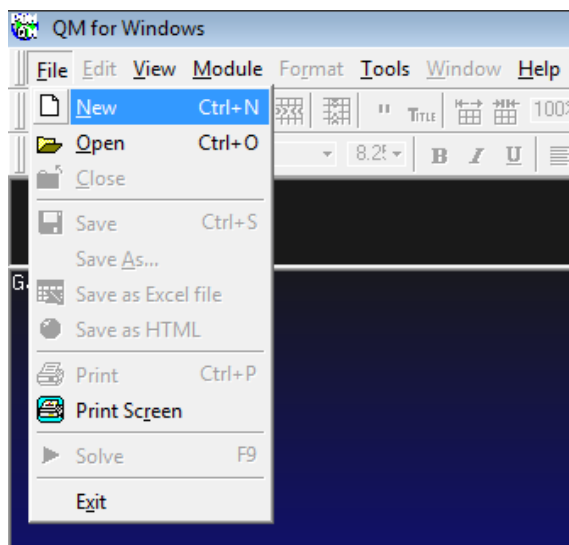


Рис. 4. Выбор нового проекта

В новом проекте нужно заполнить таблицу данными из задачи (рис. 4).

	b1	b2	b3	b4
a1	-5	-4	-3	7
a2	-4	0	-4	6
a3	-2	-3	-5	6
a4	-3	-5	-2	0

Рис. 5. Заполнение таблицы данными по теории игр

Далее нужно нажать на кнопку «Solve». Тем самым запустится процесс расчетов (рис. 6).

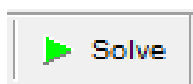


Рис. 6. Процесс расчетов

В результате расчетов получаем таблицу (рис. 7).

	b1	b2	b3	b4	Row Mix
a1	-5	-4	-3	7	0
a2	-4	0	-4	6	,3
a3	-2	-3	-5	6	,17
a4	-3	-5	-2	0	,52
Column Mix-->	,48	,22	,3	0	
Value of game (to row)	-3,13				

Рис. 7. Результаты решения задачи

По полученным расчетам видно, что цена игры составляет -3,13. Первому предприятию необходимо с вероятностью 0,3 расширить ассортимент товара, с вероятностью 0,17 увеличить сеть по сбыту техники и с вероятностью 0,52 ничего не делать. Второму предприятию с вероятностью 0,48 увеличить количество реклам для своего товара, с вероятностью 0,22 расширить ассортимент товара и с вероятностью 0,3 увеличить сеть по сбыту техники.

### Заключение

В ходе решения задачи было проведено исследование по использованию программной системы Qm for Windows для решения задач по теории игр. С помощью данной программы была решена задача по методу теории игр и выведены результаты решений.

### Список использованных источников

1. Журавлёва У.С., Баженов Р.И. Исследование модуля теории игр в программе Pom Qm for Windows // Постулат. - 2017. - №6 (20). - С. 44.
2. Прохорова Н.Ю., Эйрих Н.В. Решение задач линейного программирования в системе Pomwin // Постулат. - 2016. - №12 (14). - С. 36.
3. Прохорова Н.Ю., Баженов Р.И. Расчет продолжительности проекта с помощью программной системы Pomwin // Постулат. - 2016. - №12 (14). - С. 53.
4. Пронина О.Ю., Баженов Р.И. Экономические аспекты информационных технологий в Pomwin // Современные научные исследования и инновации. - 2016. - №12 (68). - С. 253-256.
5. Малышев В.А., Баженов Р.И. Применение модуля деревьев решений программы Qm for Windows в задаче о выдаче ссуды // Постулат. - 2017. - №6 (20). - С. 43.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ DDOS-АТАКИ В СРЕДЕ NETLOGO

И.В. Ковалева

Р.И. Баженов, к.п.н., доцент

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, г. Биробиджан, ЕАО  
irinakovaleva97@mail.ru

Во времена информационных технологий более популярными становятся распределенные атаки на глобальные компьютерные сети. Большая часть таких атак направлена на нарушение доступности или «Распределенный отказ в обслуживании» (Distributed Denial of Service, DDoS) и выведение из строя сервера путем наполнения системы большим количеством сетевых пакетов. Реализация таких атак может привести не только к выходу из строя отдельных хостов, но и остановить работу корневых DNS-серверов и вызвать частичное или полное прекращение работы Интернета [1].

DDoS-атака выполняется одновременно с большого числа компьютеров. Коммерческие и информационные сайты чаще становятся жертвами таких атак.

Например, в Альфа-банке был совершен факт хакерской атаки. Но атака была достаточно слабая и краткосрочная и не повлияла на работу бизнес-систем банка. Последняя серия DDoS-атак произошла в октябре 2015 года, когда были атакованы восемь крупных российских банков. Всего с октября 2015 года по март 2016 года Центробанк зафиксировал 21 кибератаку на платежные системы российских финансовых организаций. Мошенники пытались похитить со счетов достаточную сумму миллиардов рублей, но ЦБ и банкам удалось предотвратить хищения на 56% [2].

В 2014 году в результате масштабной DDoS-атаки были выведены из строя сразу несколько популярных, таких как PlayStation, Network, Xbox Live. Позже после удара атаки компания Sony сообщила и успокоила пользователей тем, что все данные остались целыми и невредимыми [3].

Для того чтобы исследовать поведение таких атак, была создана модель DDoS-атаки. Модель реализована в среде мультиагентного моделирования NetLogo. Среда программирования NetLogo предназначена для моделирования ситуаций и феноменов, которые происходят в природе и обществе. В данной программе можно давать указания и управлять тысячами независимых «агентов» действующих параллельно. NetLogo отлично подходит для проведения исследовательских работ, а библиотека моделей программы содержит множество моделей по математике, биологии, химии и других наук.

Программа открывает возможность для понимания и объяснения связей между поведением отдельных индивидуумов, природными явлениями и т.д. [4, 5].

В библиотеке примеров программы находится модель популяции волков и овец. С помощью данной модели можно исследовать популяцию животных. Волки пытаются съесть овец, а овцы могут перемещаться и отбиваться от волков [6, 7].

В библиотеке моделей находится модель «Rabbits grass weeds», в которой показана популяция зайцев, которые питаются травой и сорняками. С помощью данной модели существует возможность исследовать поведение сервера и поведение атаки, которая пытается пробить данный сервер. Также можно посмотреть через какое время сервер будет выведен из строя.

В качестве сервера берется трава, а в качестве атаки – заяц. Тем самым заяц двигается по полю и ест траву до тех пор, пока вся трава не исчезнет. Так же как атака пробивает сервер до тех пор, пока сервер не будет выведен из строя.

На рисунке 1 показан интерфейс программы, на котором изображены кнопки запуска и обновления модели, рычаги изменения параметров агентов, поле графика, изображающее изменения модели во время запуска и также на поле интерфейса находится окно, где показана сама модель. В окне модели присутствует трава, которая заполняет все пространство и один заяц, являющийся атакой.

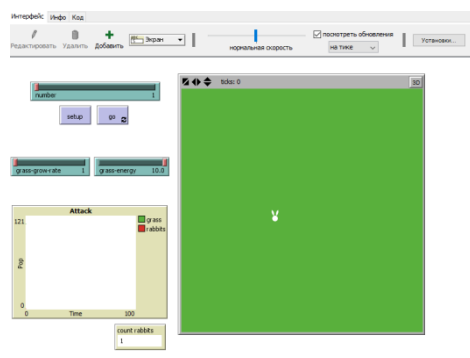


Рис. 1. Интерфейс модели Ddos-атаки.

После запуска модели заяц начинает двигаться по полю и есть траву. Клетка, на которой травы нет, становится черной и трава на ней уже не растет (рис. 2).

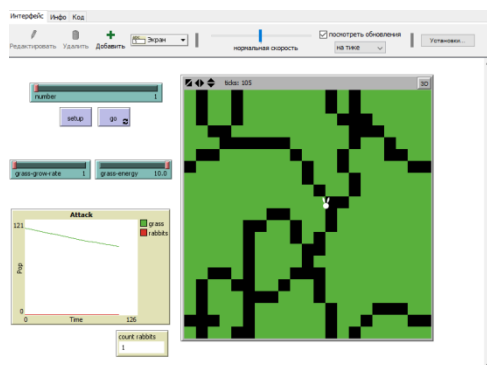


Рис. 2. Интерфейс модели после запуска.

Было проведено исследование и в ходе было определено, за сколько тиков атака выведет сервер из строя. В NetLogo существует свой встроенный счетчик тиков. С каждым разом первоначальное количество атак становится больше. После запуска модели в графике можно увидеть то, как линия сервера падает. В коде изначально прописаны энергия сервера и энергия атаки. Сервер будет выведен из строя тогда, когда на поле не останется ни одной зеленой клетки. В таблице представлены результаты исследования при разном количестве атак (см. таблица 1).

Таблица 1. Данные исследования

№	Первоначальное количество атак	Количество тиков
1.	1	2739
2.	5	582
3.	10	307

Таким образом, можно сделать вывод, чем выше количество первоначальных атак, тем меньше времени занимает выведение сервера из строя.

Дополнительно в коде можно прописать небольшую защиту для сервера. Тем самым увеличится количество тиков и для того, чтобы вывести сервер из строя.

Исходя из данного исследования, можно сказать, что если добавить серверу дополнительную защиту, то количество тиков немного увеличивается. Тем самым, сервер сможет продержаться дольше, нежели как в предыдущем исследовании, когда у сервера отсутствовала защита.

Таблица 2. Данные исследования с защитой для сервера

№	Первоначальное количество атак	Количество тиков
1.	1	3456
2.	5	789
3.	10	346

В ходе проведенного исследования была разработана простая модель DDoS-атаки, которая реализована в мультиагентной среде NetLogo. Данную систему можно использовать в курсах «Интеллектуальные системы и технологии» и «Защита информации».

#### Список использованных источников

1. NetLogo: И взрослым, и детям ту URL: <https://habrahabr.ru/post/220589/> (дата обращения: 15.04.2017).
2. Хакеры провели DDoS-атаку на Сбербанк и Альфа-банк URL: <http://www.rbc.ru/economics/09/11/2016/582372be9a79476357a4a62d> (дата обращения: 14.04.2017).
3. Синхронная атака вывела из строя PlayStation Network, Xbox Live и Battle.net URL: <https://tjournal.ru/p/hackers-psn-xbl-outage> (дата обращения: 14.09.2017).
4. Мезенцев К.Н. Мультиагентное моделирование в среде netlogo/ К.Н. Мезенцев / Автоматизация и управление в технических системах. - 2015.- № 1 (13).- С. 10-20.
5. Векслер В.А. Агентное моделирование в среде netlogo на уроках информатики / В.А. Векслер / NovaInfo.Ru.- 2016.- Т. 3.- № 44.- С. 314-326.
6. Векслер, В.А. Моделирование экологических систем в среде netlogo на уроках информатики в средней школе / В.А. Векслер // NovaInfo.Ru.- 2017.- Т. 3.- № 62.- С. 327-335
7. NetLogo. URL: <http://letopisi.org/index.php/NetLogo> (дата обращения: 14.09.2017).

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ В РОБОТОТЕХНИКЕ

М.С. Кухта, П.Я. Крауиньш, Д.П. Крауиньш, А.Д. Козлова  
Томский политехнический университет  
[eukuh@mail.tomsknet.ru](mailto:eukuh@mail.tomsknet.ru)

### Введение

Концепция и методы в технике сегодня обретают новое наполнение в связи с требованиями предъявляемыми к промышленным системам. Именно поэтому актуальны исследования новых подходов к конструированию и выявление роли концепции как стиля конструкторской деятельности при проектировании мехатронных систем, которые требуют от инженера понимания как механических, так и электронных процессов, происходящих в системе. Концепция во многих сферах деятельности человека понимается как замысел или система взглядов. В философии этот термин обозначает также «понимание», «конструктивный принцип, реализующий замысел». Роль концепции как исходного замысла (мысленного образца), удерживаемого в ментальном пространстве конструктора генетически очевидна.

### Особенности конструирования мехатронных систем

Роль концептуального конструирования при проектировании мехатронных систем состоит в том, что инженер уже на этапе проектного анализа вырабатывает концепцию, которая связывает и управляет работой всех узлов системы проектирования, формирует принципиальную модель образа объекта. Концепция, как исходный способ оформления, организации и презентации знания в инженерной практике направляет процесс конструирования.

Особенность мехатронной системы в отличие от традиционной классической конструкции в том, что она представляет собой объединение механической и электронной подсистем с целью получения новых свойств проектируемого изделия. Объединение электронной и механической подсистемы в единое целое осуществляется с помощью элементов интерфейса, разделяемых на две группы:

- датчики, преобразующие механические и физические параметры механической подсистемы изделия в информационные сигналы, с целью анализа поведения механической подсистемы изделия,
- исполнительные механизмы, преобразующие информационные сигналы в механические и физические воздействия с целью управления механической подсистемой изделия.

Методология концептуального конструирования мехатронных систем направлена на решение новых профессиональных задач, в числе которых: повышение технико-

экономической эффективности, повышение надежности, реализация принципа модульности (механической и электронной частей системы), позволяющей создавать систему модульной архитектуры. Эти и другие актуальные задачи требуют от современного инженера понимание природы процессов преобразования энергии и информации (например при переходе от электромеханических модулей системы к информационным и наоборот).

Проектирование мехатронных систем включает этапы проектирования электронной и механической подсистем и элементов интерфейса. Эти этапы могут выполняться параллельно и в некоторой степени независимо. Например, проектирование двигателя внутреннего сгорания (ДВС) идёт параллельно с проектированием электронной системы управления двигателем (ЭСУД) автомобиля. Согласование требуется на этапе разработки элементов интерфейса и отработки алгоритмов эффективного и оптимального управления изделием в целом.

Проектирование механической подсистемы подчиняется своим правилам и алгоритмам, связанным со сферой применения изделия.

Проектирование электронной подсистемы обычно включает следующие этапы: анализ информационного потока, необходимого для полноценной работы изделия, анализ существующих решений (аппаратных и алгоритмических) подобных задач, анализ существующей элементной базы для реализации всех необходимых функций и рабочих алгоритмов электронной подсистемы, разработка функциональной схемы электронной подсистемы, разработка структурной схемы электронной подсистемы, разработка принципиальных схем блоков электронной подсистемы, разработка конструкторской документации (КД) блоков электронной подсистемы, изготовление опытного образца, испытания опытного образца, отработка алгоритмов и корректировка схем по результатам испытаний, разработка технологической документации (ТД), передача КД и ТД в производство.

Проектирование элементов интерфейса осуществляется по аналогичному алгоритму, но усложняется этапами согласования с проектированием механической и электронных подсистем.

Сложный нелинейный характер связей между элементами подсистем мехатронной системы позволяет говорить о ее синергетическом

характере, поскольку элементы системы не только дополняют друг друга, но объединяясь создают систему с новыми свойствами и качествами среди которых меньшая структурная избыточность и высокая степень интеграции что ведет к конструктивной компактности (микро и миниатюризации).

Новые свойства системы позволяют значительно повысить характеристики проектируемого изделия, выражающиеся в увеличении точности работы изделия, увеличении быстродействия работы изделия, увеличении диапазона входных воздействий на изделие, увеличении предсказуемости поведения изделия в разных условиях эксплуатации, увеличении надёжности изделия, увеличении экологичности изделия, улучшении художественно-эстетических характеристик изделия, улучшении технологичности изготовления изделия, расширении функциональности изделия, расширении сферы применения изделия за счёт расширения функциональности, сокращении сроков проектирования за счёт параллельной и в некоторой степени независимой работы над разными элементами системы.

#### **Методы концептуального конструирования мехатронных систем**

Можно выделить следующие методы концептуального конструирования мехатронных систем: метод параллельного проектирования, предполагающий одновременное проектирование блоков мехатронной системы; метод модульного проектирования позволяющий из отдельных блоков-модулей компоновать сложные системы модульной архитектуры; метод перераспределения функциональной нагрузки от механической подсистемы (МПС) к электронной подсистеме (ЭПС) что позволяет существенно упростить МПС и увеличить функциональность системы за счет гибкости управляющих алгоритмов; метод визуализации процессов с использованием систем виртуальной реальности позволяющий прогнозировать поведение сложной технической системы на этапе ее проектирования.

#### **Мехатронный модуль солнечной панели**

Применение методов концептуального конструирования верифицируется на примере мехатронного модуля солнечной панели

Перспективность использования механизмов с параллельной кинематикой при построении технологического оборудования не вызывает сомнений, так как обладают рядом положительных качеств. При проектировании технологического оборудования, построенного на основе таких механизмов, возникает потребность в решении задач кинематики и динамики.

Конструктивно в системе управления солнечными батареями выделяется электропривод, объектом управления которого являются панели

солнечных батарей, которые управляются мехатронным модулем по углу места и азимута.

Электропривод конструктивно реализуется в составе мехатронного модуля, управляемого контроллером.



Рис. Структурная схема мехатронного модуля солнечной панели.

Электропривод обеспечивает необходимое позиционирование солнечных батарей по сигналам датчика абсолютного положения и информации о положении солнца, поступающей из блока управления. Электрическое питание системы управления осуществляется накопителем энергии, который управляется контроллером питания. Электропривод обеспечивает как автоматизированное, так и автоматическое управление положением солнечных батарей.

#### **Заключение**

Мехатронные модули электропривода (рис.) позиционируют солнечные батареи с высокой точностью и тем самым управляют эффективностью генерации электрической энергии, что позволяет получать стабильный уровень электрической энергии и обеспечивает сглаживание дневных пиковых нагрузок на энергетическую сеть.

#### **Список использованных источников**

1. Алексеев А.Ю. Когнитивно-антропологические проблемы исследования электронной культуры. // Вестник гуманитарного факультета Ивановского государственного химико-технологического университета. – 2014. – №7. – С. 35 – 40
2. Sokolov A. P. , Kukhta M. S. , Solovjev R. I. Mathematical modeling in concept designing of bionic objects // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems: Proceedings of International Conference, Tomsk, December 1–4, 2015. – Tomsk: TPU Publishing House. – 2015. – p. 1–4
3. Степанова Д.Л., Крауиньш П.Я. Оценка КПД волнового редуктора с модифицированным профилем зуба // Молодёжь и современные информационные технологии: сб. науч. работ – Томск: Изд-во ТПУ. – 2016. – Т.1. – С. 154–155.
4. Смирнов В. А., Петрова Л. Н. Динамическая модель механизма с параллельной кинематикой // Вестник ЮУрГУ. Серия: Машиностроение. – 2009. – №11. – С.143–147
5. Кухта М. С. , Куманин В. И. , Соколова М. Л., Гольдшмидт М. Г. Промышленный дизайн. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 312 с.



## KEYSTROKE DYNAMICS APPLICATION FOR USER AUTHORIZATION

E.S. Gorokhova, E. A. Kochegurova, E.E. Luneva  
Tomsk Polytechnic University  
esg8@tpu.ru

### Introduction

Protection information from illegal access is becoming more and more relevant issue. User recognition often uses biometrical characteristics. Biometrics refers to metrics related to human characteristics [1-4]. Biometric identifiers are often categorized as physiological versus behavioral characteristics. The first group consists of unique characteristics which were gotten by human since a birth. For example, it might be DNA, finger-prints or iris. On the other hand, behavioral characteristics are gotten during a lifetime and can be changed due to age or external factors. Examples include handwriting, voice and gait.

Keystroke dynamics are also can be used as biometric tool for user authentication [5-6]. As a behavioral characteristic, keystroke dynamics change during a lifetime for every user. Usually it stabilizes after 6 months of work with a computer [7]. One of the advantages of using keystroke dynamics for authentication is that we can check user's password and characteristics of keystroke dynamics at the same time. Moreover, it is possible to keep monitoring of these characteristics in order to determine change of users. One more advantage is that deployment of keystroke dynamics recognition system is cheap since it doesn't require purchasing any additional devices, only keyboard is needed. Development of keystroke dynamics recognition methodology helps to improve accuracy and efficiency of user authentication systems. Keystroke dynamics include a wide range of characteristics [8-9]:

- Dwell time;
- Flight time;
- Overlapping of keys presses;
- Amount of mistakes made by user during typing;
- Rhythm;
- Typing speed;
- Features of use command keys, for example using Left or Right Shift for capitalizing letters.

Dwell time is a period, during which a key is in pressed state. It is usually measured in milliseconds.

Overlapping occurs when one key is not left and another key is already pressed. Increasing of speed leads to increasing a number of overlapping of key pressed.

Flight time is time from the moment when one key is left and the next key is not pressed yet.

Figure 1 illustrates described characteristics of keystroke dynamics. Here piece 3 mean dwell time of keys "D". Piece 2 is flight time. Grey pieces mean overlapping during typing, for example piece 1 mean overlapping of keys "G" and "O".

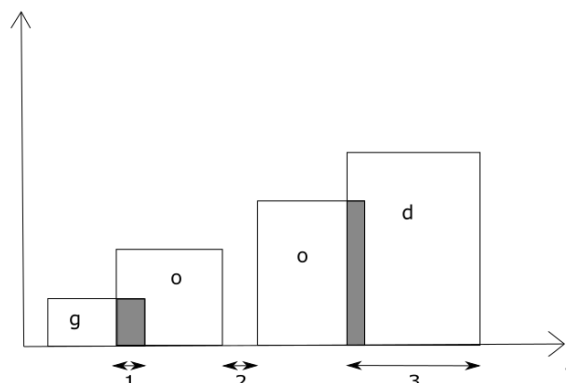


Fig. 1. Keystroke dynamics characteristics

In most cases practical researches investigate three first characteristics independently: dwell time, flight time and overlapping. Nevertheless, they all influence on each other and may identify user. That is why using vector criteria for keystroke dynamics, built from separate characteristics, make sense. This research focuses attention on making vector criteria and investigating its applicability for user recognition.

### System description

Developed application consists of two components: client and server [10-11]. The client component is responsible for collecting data about user's keystroke dynamics. UI allows inputting text in this program itself or in any other application such as text editor or browser. Usually a user isn't informed about monitoring his keystroke dynamics.

The feature of this system is an opportunity to analyze any phrase, not a fixed one. Content and meaning of the phrase are not important; the only limitation is about the length, which must be more than 200 symbols. This limitation is caused by necessity to decrease statistical errors. The data are transferred between the client and the server components via TCP-sockets for security reasons. The server computes average dwell time for every key, and then determines if overlapping occurred. This information is recorded as a sample of user keystroke dynamics into database. There is an example of representation of keystroke dynamics for two users below. It shows significant divergence between them.

Table 1. Samples of keystroke dynamics

Key	User1		User2	
	Dwell time with overlapping, ms	Dwell time without overlapping, ms	Dwell time with overlapping, ms	Dwell time without overlapping, ms

A	123,77	106,85	127,75	210,81
B	90	105,5	67	88
C	100,5	105	113,42	116,25
D	131,75	174	96	196,5
E	99,42	131,5	110,85	121

Dwell time with and without overlapping is shown in the table for some keys from English keyboard layout. The database stores records about keystroke dynamics of each known user. Then a new sample comes to the server, it is added to record list of the corresponding user. In case the record list becomes too long (more than 10 samples), the oldest sample is removed from the list. This is how the first function of the server - collecting statistics about users keystroke dynamics and filling the database - is implemented.

Another function of the server is user recognition with a heuristic authentication algorithm.

### Authentication algorithm

For authentication purpose, keystroke dynamics of user's input is compared with samples from the database. The following situations are possible:

The following variable parameters should be determined to create the timetable:

- User's new sample of keystroke dynamics is similar to one of the samples from the database. We call two samples similar if distance between the characteristic vectors of these samples does not exceed a certain error rate. Otherwise, these samples will be called not similar. So, if the sample is similar to one of the available, the system identifies the user and adds the new sample of keystroke dynamics to the list of records for that user in the database;
- User's new sample is not similar to any of available samples. In this case, an authentication error occurs and the user is unidentified.

### Results and discussion

The experiment was made for keystroke dynamics samples of 10 different users. We asked users to type any text as they usually do. During typing the system was measuring dwell time for every key. After that the server component calculated average dwell time for each key and for every user. Then all the samples of keystroke dynamics were compared with each other, taking into account their belonging. Euclidean and Manhattan distances were calculated with respect to weight coefficients described above and also without them.

During the experiments value of error rate has been changing from 0.1 to 20 ms. In order to determine the best one, total amount FRR and FAR errors was calculated for each value.

In general, the results were quite similar for the four methods of comparing keystroke dynamics samples. Total errors amount is smaller for both analyzed distances with weight coefficients. At the same time,

Manhattan distance was slightly more efficient. The best result for the algorithm in this experiment was 87,7% accuracy. That means the algorithm needs to be improved in order to increase correct identification rate.

### Conclusion

In this article using of keystroke dynamics was considered as a tool of biometric authentication. The methods of samples comparison were investigated and compared in order to find the most efficient one. The application for keystroke dynamics analysis and recognition was developed. Experiments of user authentication have been made, and the results of the algorithms work were analyzed with the help of errors of the first and second kind.

The reported study is supported by the Ministry of Education and Science of Russian Federation (project #2.3649.2017/4.6).

### References

1. Leggett, J., Williams, G., Usnick, M., Longnecker, M.: Dynamic identity verification via keystroke characteristics. *International Journal of Man-Machine Studies*. 35(6), 859 – 870 (1991).
2. Bolle, R. M., Connell, J. H., Pankanti, S., Ratha, N. K., Senior, A. W. : *Guide to Biometrics*. Springer Verlag, Berlin (2004).
3. Ilonen, J.: Keystroke Dynamics. Lappeenranta University of Technology (2008).
4. Jain, A. K., Bolle, R., Pankanti, S.: *Introduction to Biometrics*, Springer Verlag, Berlin (2002).
5. Bergadano, F., Gunetti, D., and Picardi, C.: User authentication through keystroke dynamics. *ACM Transactions on Information and System Security*. 5(4), 367–397 (2002).
6. Karnan, M., Akila, M., Krishnaraj, N.: Biometric personal authentication using keystroke dynamics: A review. *Applied Soft Computing*. 11(2), 1565–1573 (2011).
7. Ivanov A.I. Neyrosetevye algoritmy biometricheskoy identifikatsii lichnosti. ó Seriya 'Neyrokompiyutery i ikh primeneniya'. Kn. 15. ó M.: Radiotekhnika, 2004. ñ s. 22-50.
8. Olzak, T.: Keystroke Dynamics: Low Impact Biometric Verification (2006).
9. Pisani, P. H., Lorena, A. C.: A systematic review on key-stroke dynamics. *Journal of the Brazilian Computer Society*. 19(4), 573-587 (2013).
10. Kochegurova, E. A., Gorokhova, E.S., Mozgaleva, A. I.: Development of the Keystroke Dynamics Recognition System. *Journal of Physics: Conference Series*. 803 (1), (2017).
11. Stefan,D., Yao, D.: Keystroke-Dynamics Authentication Against Synthetic Forgeries. In International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (CollaborateCom) (2010).

## ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРА

А.А. Сидорова,  
Томский политехнический университет  
E-mail: sidorova@tpu.ru

### Введение

Трудно представить современное производство без использования промышленных регуляторов. В настоящее время в АСУ ТП, часто встречающимся регулятором является пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор). Существование большого числа различных методов настройки ПИД-регуляторов технологических процессов [1–3] приводит к необходимости проведения сравнительного анализа разработанных методов и определению наиболее эффективного метода для конкретного класса объектов.

Сравнение полученных показателей качества для объективного анализа возможно при настройке ПИД-регуляторов, применительно к одному для рассматриваемых методов объекту управления (ОУ). В качестве ОУ был выбран непрерывный динамический объект с транспортным запаздыванием – пароперегреватель котла ТП-87, описываемый по каналу управления расход на впрыск – температура перегретого пара передаточной функцией [4]:

$$W_{ov}(p) = \frac{0.37}{(1.53p+1)(0.93p+1)} e^{-0.2p}.$$

Рассмотрим в качестве первого метода настройки ПИД-регуляторов в системах автоматического управления – метод Стогестада. Принцип синтеза регулятора – по идентифицированным параметрам модели ОУ находят необходимые параметры настройки регулятора. Для апериодического звена второго порядка с транспортным запаздыванием параметры ПИД-регулятора могут быть найдены по следующим формулам [5]:

$$k_p = T_1/k(T_c + \tau), T_i = \min[T_1; c(T_c + \tau)], T_d = T_2.$$

где  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $k$  и  $\tau$  – параметры объекта;  $c$  – параметр, который рекомендуют в [5] принимать равным 4, для обеспечения апериодического вида переходного процесса на выходе системы управления пароперегревателем котла.

Вопрос идентификации не рассматривался, принимался во внимание тот факт, что модель ОУ уже идентифицирована и известна. С учетом формул найдем настроечные параметры ПИД-регулятора по методу Стогестада:

$$k_p = \frac{1.53}{0.37(0.2+0.2)} = 10.3,$$

$$T_i = \min[1.53; 2(0.2+0.2)] = \min[1.53; 0.8] = 0.8$$

мин.

Далее рассмотрим модифицированный метод Циглера–Никольса [6]. Систему управления переведем в ручной режим работы, регулятор – в режим П-регулирования. Параметр  $k_p$  должен быть

увеличен до тех пор, пока на выходе контура управления не будет обеспечен подходящий вид переходного процесса (с некоторым перерегулированием). Модификация метода настройки заключается в том, что система не выводится на границу устойчивости. Тем самым класс объектов, к которым может быть применен данный метод настройки, значительно расширяется [7]. Вычисленные настроечные параметры ПИД-регулятора, для указанного выше ОУ по модифицированному методу Циглера–Никольса, представлены в табл. 2.

В качестве 3-го метода настройки ПИД-регулятора был выбран метод настройки Куна или метод «Т-правило». Параметром, характеризующим быстродействие любых рассматриваемых объектов, является суммарная постоянная времени [8]. Для системы с передаточной функцией общего вида:

$$W(s) = \frac{k_s(1+T_{d1}s)(1+T_{d2}s)\dots(1+T_{dm}s)}{(1+T_1s)(1+T_2s)\dots(1+T_ns)} e^{-sT_t},$$

$$T_\Sigma = T_1 + T_2 + \dots + T_n - T_{d1} - T_{d2} - \dots - T_{dm} + T_t.$$

Особенностью метода является возможность использования, как передаточной функции ОУ, так и переходной характеристики объекта на входное ступенчатое воздействие.

Метод настройки Куна основан на аппроксимации объекта звеном третьего порядка:

$$W(s) = \frac{k_s}{(T_1s+1)(T_2s+1)(T_3s+1)}, T_1 = T_2 = T_3 = \frac{T_\Sigma}{3}.$$

Передаточная функция прямого канала системы с ПИД-регулятором имеет вид:

$$W_{paz}(s) = k_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \frac{k_s}{\left( \frac{T_\Sigma}{3} s + 1 \right)^3} = \frac{k_p k_s (1 + T_i s + T_i T_d s^2)}{T_i s \left( \frac{T_\Sigma}{3} s + 1 \right)^3}.$$

Параметры ПИД-регулятора  $T_i$  и  $T_d$  выбирают, таким образом, чтобы компенсировать два полюса, соблюдением следующего равенства:

$$\left( (T_\Sigma/3)s + 1 \right)^2 = 1 + T_i s + T_i T_d s^2, T_i = 2T_\Sigma/3, T_d = T_\Sigma/6.$$

После компенсации двух полюсов передаточная функция замкнутой системы примет вид:

$$W_{зам}(s) = \frac{k_p k_s}{(T_i T_\Sigma/3)s^2 + T_i s + k_p k_s}.$$

Метод Куна подразделяется на быстрый и медленный. Быстрая настройка регулятора применима для систем с объектами 1,2-го порядка; нормальная («осторожная») настройка – для систем управления с ОУ более высокого порядка.

В качестве четвертого исследуемого метода настройки регуляторов был выбран метод Шеделя, основанный на принципе каскадного

коэффициента демпфирования. В методе обобщается понятие коэффициента демпфирования на случай системы 3-го порядка. Для системы с передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{k}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + 1},$$

$$a_1^2 - 4d_0^2 a_2 = 0, \quad a_2^2 - 4d_1^2 a_1 a_3 = 0.$$

Параметры ПИД-регулятора должны быть выбраны таким образом, чтобы коэффициенты демпфирования системы были  $d_0 = \sqrt{2/3}$ ,  $d_1 = 0.5$ .

В случае ОУ с передаточной функцией вида:

$$W(s) = \frac{k e^{-sT_i}}{\prod_{i=1}^n (1 + sT_i)} \approx \frac{k e^{-sT_i}}{P_3^0 s^3 + P_2^0 s^2 + P_1^0 s + 1}$$

совершается переход к следующей форме:

$$W(s) = \frac{k}{T_3^3 s^3 + T_2^2 s^2 + T_1 s + 1},$$

$$T_1 = P_1^0 + T_i, \quad T_2^2 = P_2^0 + P_1^0 T_i + 0.5 T_i^2,$$

$$T_3^3 = P_3^0 + P_2^0 T_i + P_1^0 T_i^2 / 2 + T_i^3 / 6.$$

Параметры ПИД-регулятора рассчитываются по следующим формулам:

$$T_d = \frac{T_2^2}{T_1} - \frac{T_3^3}{T_2^2}, \quad T_i = \frac{T_1^2 - T_2^2}{T_1 - T_d}, \quad k_p = \frac{0.37 T_i}{k(T_1 - T_i)}.$$

При настройке ПИД-регулятора методом Шеделя сокращается время переходного процесса на выходе системы, незначительно увеличивается перерегулирование (менее 10 %) по сравнению с другими исследуемыми методами.

Таблица 1. Настройка регулятора по методу Куна

Вид настройки	Параметры регулятора		
	$k_p$	$T_i$	$T_d$
Нормальная	$1/k_s$	$0,66T_\Sigma$	$0,17T_\Sigma$
Быстрая	$2/k_s$	$0,80T_\Sigma$	$0,12T_\Sigma$

В табл. 2 представлены параметры настройки ПИД-регуляторов для систем с ОУ (пароперегреватель котла ТП-87) по исследуемым методам. На рис. приведено сравнение реакций систем с ПИД-регуляторами, настроенными по 4-м методам.

В качестве оценки для сравнения результатов, полученных при исследовании методов, выберем следующие показатели качества – перерегулирование  $\sigma$  и время переходного процесса.

Таблица 2. Параметры настройки и показатели качества систем с ПИД-регуляторами

Метод	$k_p$	$k_i$	$k_d$	$\sigma$ , %	$t_p$ , м.
Стогестада	10,3	12,9	9,6	13,4	7,4
Модиф.	8,0	2,1	7,6	0	8,8
Куна	5,4	2,5	1,7	1,8	2,8
Шеделя	332,5	125	242,7	7,4	0,1

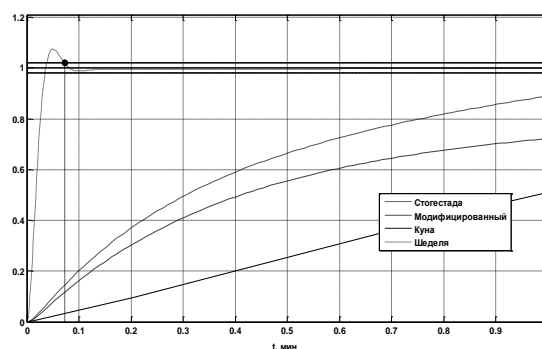


Рис. Переходные процессы на выходе систем с ПИД-регуляторами

### Заключение

При настройке ПИД-регулятора по модифицированному методу Циглера–Никольса переходный процесс на выходе системы управления затянут. По сравнению с первоначальным методом, модификация обладает рядом преимуществ: отсутствие необходимости в выведении системы на границу устойчивости. Качество переходного процесса при настройке по методу Шеделя оказалось неплохим, однако, параметры настройки ПИД-регулятора в несколько раз превышают, найденные по другим методам. Настройка по методу Стогестада обеспечивает высокое перерегулирование на выходе системы по сравнению с другими методами.

### Список использованных источников

1. Штейнберг Ш.Е., Сережин Л.П., Залуцкий И.Е. Проблемы создания и эксплуатации эффективных систем регулирования // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – № 7. – С. 1–7.
2. Ключев А.С. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования. – М.: ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 368 с.
3. Willis M.J. Proportional-Integral-Derivative PID controls // Proceedings of IEE. – 2009. – № 10. – P. 150–163. URL: <http://www.PAControl.com>, (дата обращения 15.04.2017).
4. Смирнов Н.И., Сабанин В.Р., Репин А.И. Оптимизация одноконтурных АСР с многопараметрическими регуляторами // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – № 7. – С. 24–28.
5. Dorf R.C. Modern control system. – Boston: Pearson Education, 2008. – 1020 p.
6. Zigler J.C., Nichols N.B. Optimum settings for automatic controllers. – N.Y.: Research Triangle Park, 1992. – 759 p.
7. Сидорова А.А. Исследование модифицированного метода настройки промышленного ПИД-регулятора // СТТ: Труды XVIII Международной научно-практ. конф. студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – С. 15–16.
8. Cohen-Coon tuning rules. URL: <http://blog.opticontrols.com/archives/383> (дата обращения 28.04.2012).



## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН РОССИИ

<sup>1</sup>Шамбулова А.Н., <sup>1</sup>Тюменцева К.М., <sup>2</sup>Ботыгин И.А.

<sup>1</sup>ФГАОУ «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ «Институт мониторинга климатических и экологических систем» СО РАН, г. Томск, Россия

[ans47@tpu.ru](mailto:ans47@tpu.ru)

### Введение

Рост активности хозяйственной и иной деятельности способствовал чрезмерной эксплуатации природных ресурсов и загрязнению окружающей среды, что привело к нарушению процессов функционирования климатической системы на глобальном и региональном уровнях. В частности, глобальное потепление уже подтверждается эмпирическими данными [1, 2].

Поэтому на сегодняшний день изучение пространственно-временной изменчивости климатических параметров, таких как атмосферные осадки, температура воздуха, атмосферные явления, атмосферное давление и др. является одной из актуальных задач. Влияние указанных климатических параметров может проявляться как в положительном, так и в отрицательном качестве на деятельность человека и на окружающую среду. Так как они являются основными составляющими приземной атмосферной оболочки, которые обуславливают развитие местности и ее существование. А также определяют условия проживания людей и окружающей среды. Выявить общие закономерности и индивидуальные специфических черты позволяет сопоставление данных многолетних наблюдений за климатическими параметрами.

Таким образом, изучение временных и пространственных особенностей колебаний температуры воздуха и изменения осадков применяется для решения многих практических задач, которые связаны с рациональным использованием, например, агроклиматических ресурсов, но большее значение имеет при разработки региональных сценариев будущих изменений климата [3].

### Методика исследования

В настоящей работе были проведены исследования по выявлению особенностей среднемесячных изменений осадков и температуры приземной атмосферы для некоторых территорий России.

Одна из ключевых характеристик любого исследования является формирование базы данных, которое предполагает под собой сбор и структурирование информации по определенной тематике. Базовые массивы данных по основным метеорологическим элементам в рамках реализации поставленной задачи получены с сервера ВНИИГМИ-МЦД Росгидромета [4]. Фрагмент среднемесячной температуры воздуха для города Пермь (с 2007 г. по 2016 г.) представлен в Таблице 1.

При проведении исследования выявлялись особенности формирования трендов температуры воздуха и осадков на выбранных территориях России для различных промежутков времени. На основе анализа временных рядов климатических переменных выявлены тренды произошедших изменений климатических параметров (температура, осадки, ветер, экстремальные характеристики) и определено, что наиболее важным аспектом является неустойчивость пространственно-временной неоднородности исследуемых климатических процессов [5].

Анализ тенденций изменения изменчивости климатических осадков был выполнен по рассчитанным линейным трендам в рядах наблюдений за доступный период. Кроме трендов за период наблюдений, выполнен анализ за период, который характеризуется изменением температуры воздуха за год. Ряды наблюдений содержат пропуски, поскольку тренды есть не для всех месяцев на отдельных станциях. Их вариативность можно оценить среднеквадратическими отклонениями. Например, есть пропуски за последние три месяца в наблюдениях со станций Пермь и Уфа с 2016 г [6]. Поэтому обработка данных с этих станций осуществлялась только на непрерывных рядах наблюдений (Таблица 1).

Таблица 1. Среднемесячные температуры воздуха (г. Пермь)

28224;2007;	-5.4;-16.3;	-2.4;	4.2;	11.5;	13.4;	19.7;	17.8;	10.6;	4.3;	-6.1;-11.5
28224;2008;	-12.2;	-8.6;	-1.1;	4.7;	10.6;	15.7;	19.7;	16.4;	7.7;	6.1; 0.6; -7.2
28224;2009;	-12.7;-10.7;	-2.2;	1.4;	11.8;	17.1;	16.4;	15.6;	12.2;	4.0;	-3.4;-15.7
28224;2010;	-18.8;-15.6;	-4.3;	5.7;	14.1;	16.9;	20.3;	18.0;	10.3;	2.8;	-2.9;-13.7
28224;2011;	-12.1;-17.9;	-5.6;	4.2;	12.1;	15.9;	20.1;	14.8;	11.3;	5.4;	-7.3; -7.9
28224;2012;	-13.5;-14.7;	-5.0;	8.3;	12.5;	18.3;	20.1;	16.7;	10.7;	5.4;	-2.4;-15.8
28224;2013;	-14.8;	-8.1;-10.0;	3.9;	11.0;	18.8;	19.2;	17.2;	10.3;	2.0;	1.2; -8.6
28224;2014;	-14.5;-14.0;	-1.4;	1.9;	13.7;	15.0;	14.4;	17.0;	9.2;	-1.4;	-5.0; -9.2
28224;2015;	-12.9;	-7.0;	-2.2;	3.8;	13.5;	18.7;	14.7;	12.9;	12.2;	0.0; -5.4; -7.0
28224;2016;	-13.7;	-3.6;	-3.2;	6.2;	13.1;	16.1;	20.1;	21.7;	10.9;	; ;



### Анализ температурных изменений и осадков

Исследование таких характеристик как месячная температура воздуха, месячная сумма осадков, экстремальные температуры и осадки позволяет выявить дополнительные пространственно-временные особенности трансформации регионального климата. Так как невозможно утверждать, что антропогенный фактор является единственным влиянием на потепление, оценивался вклад, который вносят естественные колебания климата на территории Уральских гор, где имеется своеобразная граница.

Исходя из имеющихся данных выявлено, что на Урале наблюдается весенний и зимний тип потепления, то есть температуры в марте и декабре в целом возрастают [7]. В подтверждение вышесказанному данные среднемесячных температур для Уфы и Екатеринбурга сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Среднемесячные температуры марта и декабря для городов Урала

	Уфа/Март	Екатеринбург/Декабрь
2009	-2.9	-15.2
2010	-4.9	-14.1
2011	-6.8	-8.8
2012	-4.4	-15.2
2013	-3.3	-8.6
2014	-2.2	-8.5
2015	-1.2	-7.3

Анализ рядов экстремальных температур выявил, что наблюдается также тенденция роста: положительные коэффициенты во всех трех рассмотренных городах Урала. Экстремальные температуры преобладают в феврале и августе, то есть в весенний и летний периоды (Таблица 3). Но, как правило, тенденция роста средних годовых температур больше максимальных [7,8].

Таблица 3. Экстремальные температуры в 2016 г.

Екатеринбург	Пермь	Уфа
2 февр.	3 февр.	2 февр.
26 февр.	5 февр.	3 февр.
13 авг.	12 февр.	4 февр.
14 авг.	15 авг.	25 февр.
15 авг.	-	16 апр.
18 авг.	-	14 авг.

Помимо возрастания температур в регионе увеличиваются количество осадков в год, установленные максимумы, а интенсивность летних осадков различна в регионе. Так, например, в

Перми количество осадков увеличилось в 2 раза за последние 7 лет, а в Уфе уменьшилось на 40 процентов. Но объяснить региональные изменения климата на данной территории согласно сценарию «обычного развития» пока не удалось.

Для проведения вычислений использовался язык программирования C#. Предполагается использование библиотеки Live Chart для 2D и 3D графики (круговая диаграмма, гистограммы, линейный график и XY график и др.).

### Заключение

Несмотря на невысокую достоверность и значительную неопределенность полученных результатов не стоит игнорировать их значимость для оценки изменений климатических условий. В частности, они могут быть использованы для уточнения прогнозов (особенно долгосрочных) климата для различных регионов России, решения задач хозяйственной и социальной жизни населения.

### Список использованных источников

1. Шерстюков Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата: монография. – Обнинск: ВНИИГМИ-МДЦ, 2008. – 247 с.
2. Школьник И.М., Мелешко В.П., Кароль И.Л., Киселев А.А., Надежина Е.Д., Говоркова В.А., Павлова Т.В. Ожидаемые изменения климата на территории Российской Федерации в XXI веке // Сборник научных трудов. Труды ГГО. – 2014. – вып. 575. – С. 64-117.
3. Шкляев В.А. Динамика климатических характеристик, связанных с экстремальными температурами и осадками на Урале в XX веке // Прогнозирование и адаптация общества к экстремальным климатическим изменениям. – Трианда ЛТД, 2016. – С.73
4. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации–Мировой центр данных [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения 02.04.2017)
5. Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. – М.: Наука, 2001. – 351 с.
6. Крышнякова О.С., Малинин В.Н. Кластерный анализ температуры воздуха на Европейской территории России в условиях потепления климата // География и смежные науки. LXI Герценовские чтения. Материалы межвузовской конференции, Санкт-Петербург, 24-25 апреля 2008 г. – СПб.: Тесса, 2008. С. 56–65.
7. Шкляев В.А. Вековые изменения температуры воздуха на Урале / В.А. Шкляев. Л.С. Шкляева // Современные географические исследования: сб.тр.ученых геогр. фак-та, посвящ. 90-летию Нерм.гос.ун-та. Пермь, 2006. С.254– 265.
8. Монин А.С. Введение в теорию климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 247 с.

## ИНТЕРАКТИВНЫЕ ДИСПЛЕИ

Чайбар А.А.

Научный руководитель: Фадеев А.С.

ФГАОУ ВО НИ ТПУ

E-mail: arty1901@gmail.com

### Введение

На сегодняшний день использование информационных табло и дисплеев в самых разных местах, например, в аэропорту или в ж/д вокзалах позволяет оперативно информировать пользователя/посетителя, особенно в случаях, когда информация может обновляться достаточно часто.

Однако оперативное информирование через электронные системы не коснулось дверных табличек и указателей, которые размещены на входе в кабинеты и учебные аудитории. Кроме необходимости заменять саму табличку каждый раз при смене функционала кабинета и должностного лица, она не способна проинформировать посетителя о статусе кабинета: можно ли в него в данный момент входить?

Задачей данной работы является компенсировать все недостатки старых дверных табличек, а именно, данный дисплей будет выводить подробную информацию об аудитории, рядом с которым он будет установлен.

### Цель работы

Цель работы – создание распределенной информационной системы, отображающей на дверных табличках-дисплеях информацию о текущем статусе должностных лиц («занят», «на месте», «перерыв» и т.д.) в кабинете, мероприятии, проходящем в аудитории, текущем занятии в учебных аудиториях с уточнением наименования учебной дисциплины, имени преподавателя и номеров учебных групп.

Данный вариант информирования обеспечивает оперативный вывод информации для пользователей/клиентов какого-либо предприятия, либо учебного учреждения.

Реализация технической части осуществлена на встраиваемых мини-компьютерах Raspberry Pi с применением дисплеев диагональю 5-7". Программная часть, обеспечивающая вывод необходимой информации и интерфейса для работы с ним, реализована на языках программирования PHP и JavaScript, с применением веб-технологий HTML и CSS.

### Архитектура информационной системы

Система интерактивных информационных дверных табличек представляет собой распределенную информационную систему клиент-серверной архитектуры, состоящую из одного сервера и множества тонких клиентов на базе встраиваемых компьютеров Raspberry Pi и миниатюрных цветных дисплеев.

Каждая интерактивная табличка размещается возле (или на) двери кабинета и в режиме

реального времени отображает статус должностного лица либо статус кабинета/аудитории. Управление информацией каждой таблички осуществляется через центральный веб-сервер, при этом имеется возможность, как формирования отображаемой информации в ручном режиме, так и в автоматическом, путем обработки данных внешних серверов и информационных систем. На схеме (рисунок 1) показан работа всей системы от формирования запроса до вывода информации на интерактивный дисплей.



Рис. 1. Структура информационной системы

Данная система располагает пользователем и тонким клиентом.

Тонкий клиент – миниатюрные компьютеры Raspberry Pi вместе с дисплеями, которые устанавливаются возле (или на) двери кабинета или аудитории. В зависимости от заданного режима, тонкий клиент выводит на экран определенную информацию, которая требуется на данный момент, в зависимости от статуса должностного лица или расписания кабинета/аудитории. На схеме (рисунок 2) показана структура организации выводимой информации на дисплей.



Рис. 2. Структура выводимой информации

Пользователь – это должностное лицо, которое авторизуется в системе, для управления выводимой информацией на интерактивный дисплей. Для входа в систему, пользователю требуется ввести свой логин/пароль, который выдается администратором. Авторизовавшись в системе, пользователь может изменять свой текущий статус с возможностью добавления дополнительной информации. Это дает возможность, пояснить, что, при статусе «занят», у должностного лица проходит совещание и просьба не беспокоить определенное время.

Для управления данной системой, имеется панель управления администратора. В ней администратор располагает следующими функциями:

- просмотр персональных данных пользователя;
- редактирование данных;
- удаление/добавление пользователя;
- поиск пользователя в системе;
- просмотр каждого дисплея, подключенного в систему.

Вход в среду для администратора осуществляется с помощью ввода специальной комбинации логин/пароля.

На схеме (рисунок 3) показана структура пользователя.

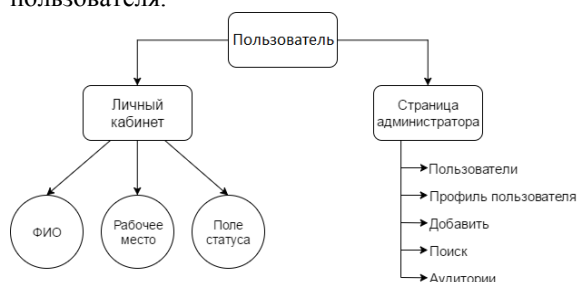


Рис. 3. Схема Диаграмма работы пользователя

#### Реализация информационной системы

Для реализации данной системы, были созданы две базы данных со следующей структурой, показанные на рисунках 4 и 5:

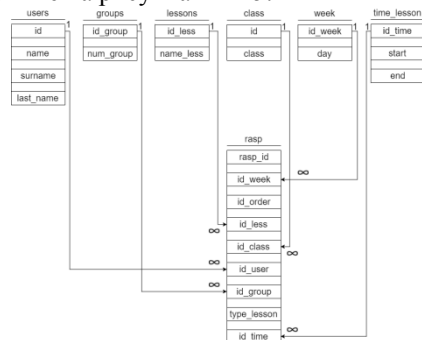


Рис. 4. Логическая структура БД для статуса аудитории

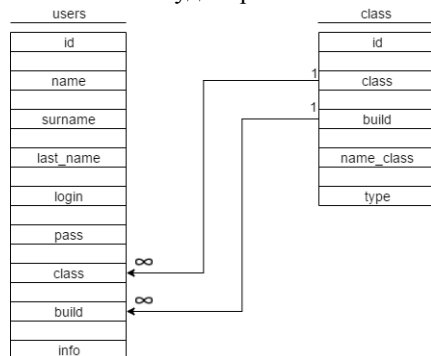


Рис. 5. Логическая структура БД для статуса должностного лица

Реализация выводимой информации представляет собой формирование двух HTML-страниц в клиент-серверном приложении. Данные на страницах обновляются динамически в зависимости от действий пользователя.

Был разработан удобный интерфейс пользователя, так же удобный интерфейс для администратора, что позволяет легко следить за работой системы и данными пользователей.

#### Заключение

В настоящее время ведется доработка функционала данной системы и тщательное тестирование для поиска и устранения неисправностей и ошибок.

В дальнейшем планируется

- расширение функционала отображаемой информации в автоматическом режиме (интеграция с личным электронным календарем должностного лица, базами данных университета, добавлением возможности вывода сопроводительной информации, например, об исторической ценности самой аудитории, об известных профессорах, работавших в ней и др.);

- расширение функционала управления отображаемой информацией, задаваемой в ручном режиме: интеграция с информационными системами предприятия, получение сведений о сотруднике, использование локальных систем аутентификации пользователей, интеграция с API социальных сетей (Вконтакте);

- создание гибких шаблонов легкочитаемого красочного (анимированного) оформления изображения интерактивных таблиц; адаптация информационного содержимого к дисплеям различного размера и разрешения;

- разработка линейки законченных устройств, включая цветной дисплей, встраиваемый микрокомпьютер, адаптеры электропитания, сетевые интерфейсы.

#### Список использованной литературы

1. Чайбар А.А. Интерактивные дисплеи // Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 7-11 ноября 2016 г. – 2017 – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 2. – С. 110 — 111.

2. Справочник по PHP. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.php.ru/> (дата обращения: 10.06.2017).

3. Справочник по Bootstrap. [электронный ресурс]. – URL: <http://getbootstrap.com/css/> (дата обращения: 10.06.2017).

4. Центральный Javascript – ресурс. [Электронный ресурс]. – URL: <http://getbootstrap.com/css/> (дата обращения: 10.06.2017).

## РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО МОНИТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ ХРОНОМЕТРАЖА

Миртов С. П.

Фадеев А. С.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики

mirtov-sb@mail.ru

### Введение

В скоростных видах спорта, необходимо измерять время прохождения трассы спортсменом с точностью до тысячных долей секунды, именно они отделяют победителя от проигравшего. Для этих целей разработаны и применяются различные системы хронометража. В настоящее время существует высокая востребованность в подобных системах, особенно у небольших спортивных организаций. В 2016 году была разработана и апробирована бюджетная система хронометража, использующая высокоточные значения времени спутниковой системы GPS[4]. Во время проведения соревнований с использованием данной разработки, стало очевидным, что использование ноутбука, в качестве монитора для отображения данных времени, невозможно по причине сложных условий эксплуатации.

В качестве альтернативы, способной работать при экстремально низких температурах и осадках, было принято решение разработать портативное устройство отображающее данные времени прохождения трасс спортсменами.

### Беспроводная передача данных

Для того, чтобы устройство было портативным было необходимо выбрать беспроводной канал связи, а так же подобрать необходимые компоненты для модернизации данной системы. Структурная схема существующей системы показана на Рисунке 1.

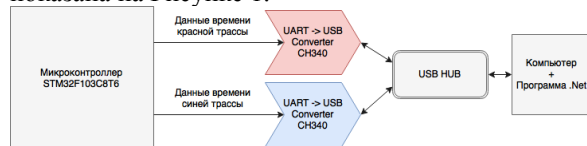


Рис. 1. – Структурная схема проводной системы передачи данных

Исходя из наличия двух шин UART в существующей системе было принято решения приобрести модули, поддерживающие данный протокол, а именно Loga SX1278[1], способные передавать данные на расстояние до 4 километров. Для отображения данных времени необходимо использовать дисплей. Был выбран дисплей Nextion HMI 2.4 [2]. Данные дисплеи способны работать при температуре окружающей среды до -40 °С, а так же имеют встроенный микроконтроллер, отвечающий за отрисовку изображения, так же есть версии со встроенными ПЛИС вместо микроконтроллера. Так же

существует среда разработка исполняемой программы для дисплеев Nextion, которая позволяет разрабатывать сложные пользовательские графические интерфейсы в кратчайшие сроки. Передача данных на дисплей осуществляется по протоколу UART или USART. Таким образом для реализации устройства необходим микроконтроллер имеющий 3 шины UART. Выбор пал на имеющиеся в наличии микроконтроллеры STM32F103C8T6 [3], так как данные микроконтроллеры уже использовались в самой системе хронометража. Структурная схема беспроводного устройства отображения данных показана на Рисунке 2.

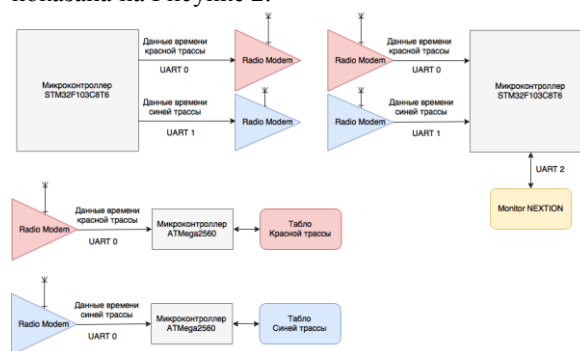


Рис. 2. – Структурная схема беспроводной системы передачи данных

Модернизированная система предусматривает возможность расширения проекта, а именно использование беспроводных табло, разработка которых начнется в ближайшее время.

### Обеспечение питания

Устройство отображения времени должно быть портативным и способным работать не менее 12 часов при низких температурах окружающей среды. Для обеспечения автономности и портативности были использованы Li-Ion аккумуляторы формата 18650 соединённые параллельно общей емкостью 8000 mAh. Так как диапазон напряжения аккумуляторов составляет от 3.2 до 4.2 вольт, а питанию модулей Loga необходимо стабильное напряжение 5 вольт, используется импульсный повышающий преобразователь напряжения XL60009, имеющий высокий КПД около 90%. Для обеспечения зарядки аккумуляторов необходим зарядный модуль. В связи с сильным нагревом встраиваемых источников питания и возможностью выхода из строя, было принято решение использовать данный модуль во внешнем корпусе.



### Изготовление корпусов

Во время разработки устройства, корпус было принято напечатать на 3D принтере Zenit 3D отечественного производства. В качестве филамента для принтера был выбран пластик ABS, так как он является наиболее прочным и стойким к низким температурам. 3D модель корпусов устройства и зарядки были спроектированы в программном пакете AutoCad Inventor 2017. Модель корпуса изображена на Рисунке 3.

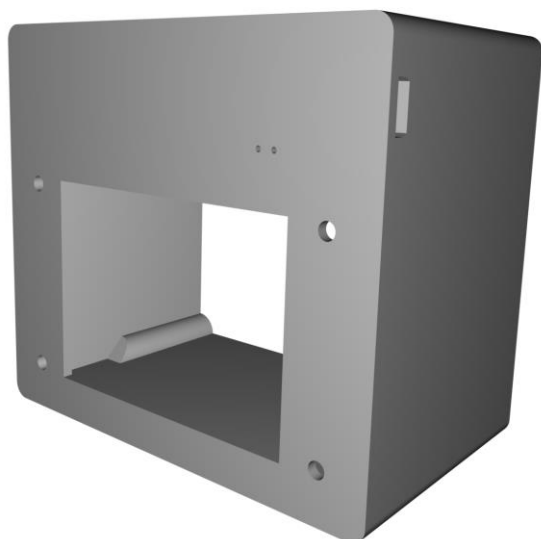


Рис. 3. – 3D модель корпуса

STL-файл был подготовлен к печати в программном обеспечении Cura 2.5.0 основанном на движке Cura Engine. Подготовленная к печати модель представлена на Рисунке 4.

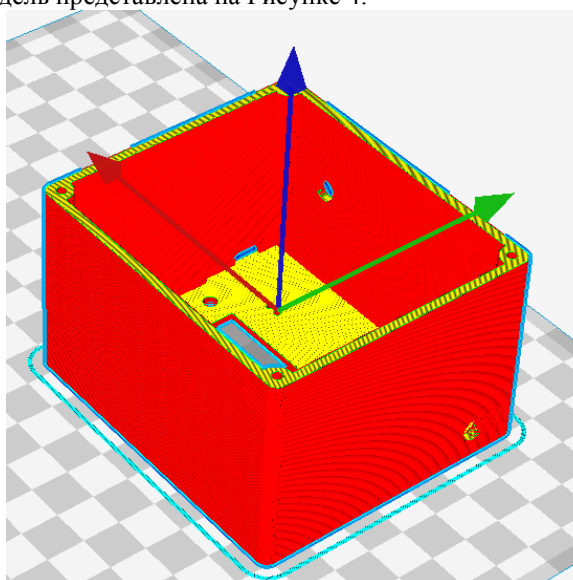


Рис. 4. – подготовленная к печати 3D модель

### Заключение

В процессе работы был спроектирован и изготовлен автономный монитор, предназначенный для отображения результатов

соревнования по скоростным видам спорта. Разработанное устройство способно автономно работать при температуре ниже 25°C в течении 27 часов, используя беспроводные каналы связи. Так же данный монитор является полностью герметичным, что позволяет эксплуатировать его при сильных осадках.

### Список использованных источников

1. Datasheet модулей SX1278 [Электронный ресурс] / SEMTECH – URL: <http://www.semtech.com/wireless-rf/rf-transceivers/sx1278/> (посл. обращение 29.05.2017).
2. Документация модулей NX3224T024 [Электронный ресурс] / NEXTION – URL: <https://www.itead.cc/wiki/NX3224T024> (посл. обращение 29.05.2017).
3. Datasheet микроконтроллеров STM32F103C8T6 [Электронный ресурс] / STMicroelectronics – URL: <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/33/d4/6f/1d/df/0b/4c/6d/CD00161566.pdf/files/CD00161566.pdf/jcr:content/translations/en.CD00161566.pdf> / (посл. обращение 29.05.2017).
4. Сборник трудов МСИТ 2016 [Электронный ресурс] / TPU – URL: [http://portal.tpu.ru:7777/f\\_ic/files/science/activities/msit/msit2016/Sbornik\\_2016/Sbornik\\_MSIT\\_2016\\_\(To m1\).pdf](http://portal.tpu.ru:7777/f_ic/files/science/activities/msit/msit2016/Sbornik_2016/Sbornik_MSIT_2016_(To m1).pdf)



## РАЗВЕРТЫВАНИЕ КЛАСТЕРА RASPBERRY PI С ПОМОЩЬЮ CITUS MX

Журман Д.А., Хиониди Р.Г., Фадеев А.С.  
Научный руководитель, к.т.н., Фадеев А.С.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики, daz18@tpu.ru

### Введение

С развитием информационных технологий у многих предприятий возникла проблема создания своих серверов баз данных, но так как постоянно растёт объем данных и операций с ними, сервер базы данных может перестать справляться с нагрузкой, для этого применяется масштабирование баз данных. Чаще всего применяется шардинг – техника масштабирования работы с данными, суть работы которого заключается в разделении базы данных на отдельные части таким образом, чтобы каждую часть можно выделить на отдельный сервер. Существует 2 вида шардинга: вертикальный – выделение группы таблиц на отдельный сервер, и горизонтальный – разделение таблицы на разные сервера. В связи с тем, что вертикальный шардинг с увеличением сложности таблицы требует увеличения вычислительной мощности сервера, а горизонтальный шардинг требует всего лишь увеличения количества серверов. Следовательно, в теории, используя горизонтальный шардинг, можно распределять любые таблицы, так как количество серверов можно увеличивать до бесконечности.

Для решения задачи масштабирования баз данных было решено создать кластер Raspberry Pi, который будет осуществлять горизонтальный шардинг при помощи расширения Citus MX. К достоинствам данной системы можно отнести: дешевизну относительно любых других серверов баз данных; относительно высокую скорость работы библиотек баз данных MongoDB и PostgreSQL.

### Аппаратная платформа

В поставленной задаче не предполагается наличие сильной нагрузки на какие-то конкретные узлы сети, это означает, что для того чтобы выполнять необходимые операции, от компьютера не требуется огромная производительность, которая влечет за собой немалую цену и размеры. Поэтому, для создания вычислительного кластера был выбран одноплатный компьютер Raspberry Pi. В сравнении с другими одноплатными компьютерами он имеет неплохую производительность и низкую стоимость, а также очень примечательна его стабильная работа и надежность. Кроме того, он очень эффективен в плане длительного выполнения малозадачных

процессов, а также имеет очень низкое энергопотребление. Обоснованием выбора Raspberry Pi, как исполнительный единицы кластера являются вышеперечисленные его преимущества.

### Citus MX

Citus – это расширение, которое добавляет распределенные таблицы в PostgreSQL. Распределенные таблицы отображаются на других серверах PostgreSQL для горизонтального шардинга оперативной память и процессора. Данное расширение позволяет избежать проблем с производительностью, просто добавив больше серверов, поэтому дает возможность сосредоточиться на добавлении функций и развитии своего бизнеса, также обладает высоким уровнем безопасности и стабильности, предоставляет современные сетевые возможности.

### Сборка кластера

Одним из основных элементов, объединяющих составляющие компоненты в один единый механизм, является 24-портовый коммутатор FS724i. Был сделан выбор в пользу именно этого устройства по одной причине: на момент выбора он являлся самым доступным. При последующих модификациях готового прототипа данный элемент будет заменен на более надёжный и компактный. Данное устройство необходимо для обеспечения соединения нескольких узлов в один сегмент локальной компьютерной сети. Коммутатор передает сетевые пакеты (кадры Ethernet) исключительно получателю на основе данных о его MAC-адресе, т.е. конкретному компьютеру, освобождая остальные сегменты сети от обработки лишней информации. Подсоединяя Raspberry Pi к коммутатору, появляется возможность распределять трафик и вычислительную нагрузку по всем подключенным компьютерам в зависимости от необходимых задач.

Для обеспечения электропитания компьютеров Raspberry Pi, был выбран один из самых доступных блоков питания Accord ACC-350W-5. Была также смонтирована система кабелей с разъемами Micro-USB для подключения к каждому микрокомпьютеру.

Архитектура компьютеров Raspberry Pi не предусматривает наличия стандартного для IBM

PC жесткого диска. В качестве постоянного хранилища используются карты памяти MicroSD.

#### **Настройка сервера**

Для того, чтобы создать сервер, прежде всего было установлено и настроено расширение Citus, а потом из-под него инициализирован кластер. У Citus существует два вида компонентов: worker и master. Master согласовывает запросы и поддерживает информацию о том, где в кластере находится каждая строка данных, а workers хранят ваши данные и отвечают на запросы. После установки и распаковки расширения были созданы директории для обоих компонентов. Для master был выделен порт 9700, а порт 9701 для worker. Следующим этапом являлась инициализация баз данных помощью команд:

```
bin/pg_ctl -D data/master -o "-p 9700" -l master_logfile start
```

```
bin/pg_ctl -D data/worker -o "-p 9701" -l worker_logfile start
```

Затем были инициализированы КТО/ЧТО???:

```
bin/createdb -p 9700 $(whoami)
```

```
bin/createdb -p 9701 $(whoami)
```

Таким образом, Citus был добавлен в shared\_preload\_libraries. Это позволяет ему подключаться к некоторым глубоким частям расширения, тем самым, заменяя планировщик запросов и исполнителя данных запросов.

Затем, была инициализирована пользовательская сторона Citus командами:

```
bin/psql -p 9700 -c "CREATE EXTENSION citus;"
```

```
bin/psql -p 9701 -c "CREATE EXTENSION citus;"
```

Для того, чтобы master мог знать, где он может найти worker, была введена команда:

```
bin/psql -p 9700 -c "SELECT * from master_add_node('localhost', 9701);"
```

#### **Заключение**

Таким образом, к настоящему моменту времени, была создана компактная дешевая и мощная распределенная вычислительная система, основанная на распределении задач между одноплатными компьютерами Raspberry Pi, при помощи расширения Citus. Система имеет высокий потенциал в задачах хранения и обработки данных. Но для ее полноценного функционирования необходимо создание распределительной таблицы для компонентов master и worker, получая возможность масштабирования данных.

#### **Список использованных источников**

1. Источник информации. [Электронный ресурс].-

[https://pgconf.ru/media/2017/04/03/20170317H1\\_M\\_Slot.pdf](https://pgconf.ru/media/2017/04/03/20170317H1_M_Slot.pdf) (дата общения 3.05.2017).

2. Справочник по Raspberry Pi. [Электронный ресурс].-URL:<https://www.raspberrypi.org> (дата общения 13.10.2016).

3. Источник информации. [Электронный ресурс].-

<https://docs.citusdata.com/en/v6.0/tutorials/tut-hash-distribution.html> (дата общения 3.05.2017).

Работа выполнена при поддержке Благотворительного фонда Владимира Потанина в рамках гранта ГК150001773.

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «ГЕНЕРАТОР МУЗЫКАЛЬНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ»

А.Н. Ахметов

Томский политехнический университет  
ana5@tpu.ru

### Введение

«Как автоматизировать сочинение музыки?» – данный вопрос тревожит умы музыкантов еще со времен средневековья. Кеплер превращал траектории движения планет в музыку; Моцарт и его современники изобрели игру в «музыкальные кости» – они броском кубиков выбирали из большой таблицы такты и составляли из них менуэты. Но только с появлением компьютеров алгоритмическая генерация музыки получила настоящее развитие. Теория вероятности, марковские цепи, искусственные нейронные сети – все это стало инструментами создания музыки.

Разумеется, чисто математическая музыка редко оказывается благозвучной. Поэтому люди начали пытаться автоматизировать написание привычной, «классической» музыки. Выявить закономерности в произведениях, разложить музыку на «составляющие» и понять, почему та или иная комбинация нот вызывает у слушателя разные эмоции [1].

Генератор может быть использован для следующих целей:

- автоматизация процесса создания музыкальных произведений;
- предоставление любителям сочинения музыки платформы для дальнейшего профессионального роста;
- удобный сервис для создателей игр, видеороликов, трансляций, у которых нет средств для покупки прав на использование тех или иных музыкальных произведений.

### Цели и задачи

Целью работы является определение методов и инструментов для создания приложения «Генератор музыкальных произведений».

Задачи работы:

- определение используемых инструментов;
- определение основных программных модулей;
- определение входных параметров алгоритма генерации;
- построение графа для построения последовательностей аккордов;
- определение структуры программы.

Данный генератор должен обладать следующими возможностями:

- генерировать благозвучную инструментальную музыку;
- учитывать параметры пользователя во время сочинения произведения;

- предоставлять пользователю возможность оценить произведение сразу же после генерации;
- сохранять композицию в формате MIDI по желанию пользователя.

Генератор музыкальных произведений призван облегчить сочинение музыки для человека. Приложение не ставит целью создать законченное произведение, готовое для прослушивания другими людьми. Это прежде всего инструмент композитора, дающий ему определенный шаблон, заготовку для дальнейшей работы. Именно для этого программа должна уметь сохранять произведение в MIDI-файл, где пользователь может в той или иной степени подкорректировать отдельные моменты, которые ему не понравились.

### Используемые инструменты

В ходе разработки будет использоваться библиотека jMusic. Разработка будет вестись на языке JavaScript.

Преимущества jMusic:

- большое количество программ, использующих эту библиотеку;
- наибольшее количество обучающих материалов;
- одна из самых новых библиотек.

### Основные программные модули

Для проектирования системы были определены основные программные модули (рис. 1).

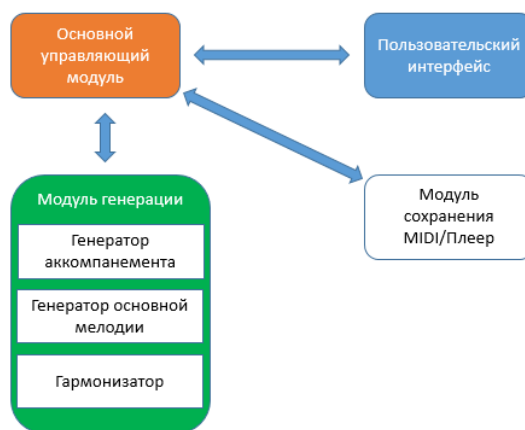


Рис. 1. Программные модули системы

### Структура работы программы

На рисунке 2 представлена структура работы программы.

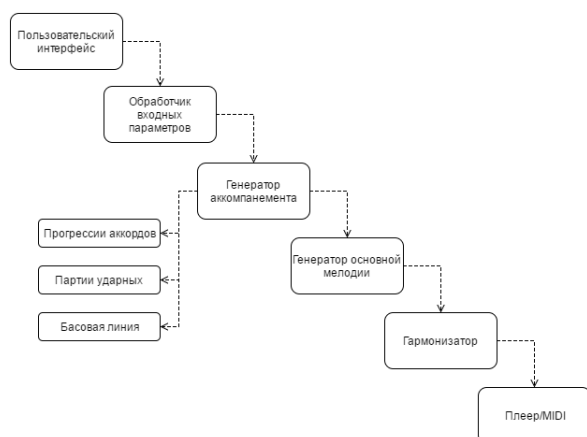


Рис. 2. Структура работы программы  
**Алгоритм генерации последовательности аккордов**

Для генерации последовательностей аккордов в аккомпанементе был составлен взвешенный ориентированный граф (рис. 3), отображающий связи между аккордами. Стрелка, идущая от вершины, указывает на следующий аккорд в последовательности. Вес ребер означает частоту перехода от одного аккорда к другому.

Алгоритм генерации последовательности аккордов:

1. Выбор тональности.
2. Определение аккордов, которые могут использоваться в этой тональности.
3. Определение аккордов в куплете.
4. Определение аккордов интро/бридже/припева/коде (если есть).
5. Определение ритмического рисунка.



Рис. 3. Граф аккордов

#### Генерация основной мелодии

Ниже представлены основные приемы, используемые при сочинении основной мелодии.

Фигурация — распространённый и действенный способ динамизации музыкальной ткани.

Вызов и ответ - последовательность из двух отдельных фраз, где вторая фраза слышится как прямой комментарий к или ответ на первый. Это соответствует вызову и отклику в человеческой

коммуникации и является основным элементом музыкальных форм, таких как куплетная форма и др.

Оstinato — метод и техника музыкальной композиции, многократное повторение мелодической фразы (мелодическое остинато), ритмической фигуры (ритмическое остинато) или гармонического оборота (гармоническое остинато) [2].

Этапы генерации основной мелодии.

1. Задание ритмического рисунка по умолчанию в соответствии с тоникой текущего аккорда и тактовым размером (рис. 4).
2. Создание ритмического рисунка путем изменения длин звучания нот и их расположения (рис. 5).
3. Создание мелодического рисунка (рис. 6).

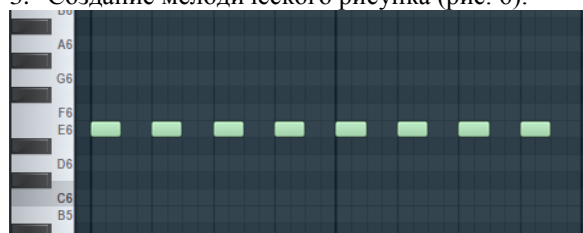


Рис. 4. Ритмический рисунок по умолчанию

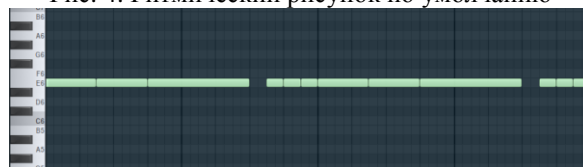


Рис. 5. Создание ритмического рисунка



Рис. 6. Создание мелодического рисунка

#### Заключение

В ходе проектирования были определены основные программные модули приложения, структура работы программы, составлены алгоритмы для генераторов отдельных модулей и план дальнейших работ. Для генерации последовательностей был построен взвешенный ориентированный граф. Таким образом, на основе полученных результатов можно начать реализацию приложения «Генератор музыкальных произведений».

#### Список использованных источников

1. Автокомпоитор мелодий Muzz [Электронный ресурс]. — URL: <https://habrahabr.ru/post/184672/> (дата обращения 15.06.2017).
2. Фигурация, Оstinato [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.belcanto.ru/figurazia.html> (дата обращения 15.06.2016).

## СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ПОИСКА ВЛИЯТЕЛЬНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАННОЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Замятина В. С., Лунева Е.Е.  
Научный руководитель: Лунева Е.Е.  
Томский политехнический университет  
zamiatina.v@gmail.com

### Введение

На данный момент существует несколько эффективных способов решения задачи KPP POS (Key players problem positive) [1, 2], к которой также относится задача выявления пользователей приложений работающих по принципу социальных сетей, влиятельных в заданной предметной области. Однако данные способы в основном применяются на невзвешенных неориентированных графах [1]. Применение таких способов к вышеупомянутой задаче требует адаптации этих способов к работе с ориентированными графами, в которых направление ребра показывает направление влияния одного пользователя на другого, а вес отражает степень этого влияния. Кроме этого, оценка эффективности данных способов на реальных данных осложнена отсутствием фактических данных, т.е. какой пользователь в заданной предметной области является наиболее влиятельным. Именно поэтому тестирование результатов выявления влиятельного пользователя целесообразно производить на лабораторных графах, где заранее известен узел, представляющий собой наиболее влиятельного пользователя.

Цель данной работы – сравнить известные способы [1, 2] применительно к задаче выявления влиятельных пользователей социальной сети, а также определить наиболее эффективный из них.

### Теоретический обзор

В качестве тестируемых способов выявления влиятельных пользователей были взяты: метод с вычислением коммуникационной эффективности узлов, метод Боргатти, а также метод с вычислением информационной энтропии [1, 2]. Для этого в генерируемых лабораторных графах введем два типа узлов: узлы–«писатели» и узлы–«читатели». Узлы–«писатели» отображают пользователей социальной сети, которые делятся своим мнением относительно какой-либо темы, узлы–«читатели» представляют собой модель пользователей, читающих, комментирующих и публикующих записи пользователей–«писателей». Для упрощения модели ситуация, когда пользователи–«писатели» и пользователи–«читатели» могут меняться ролями, не учитывается. Поэтому найденные влиятельные пользователи должны будут принадлежать к числу «писателей». Ребра между графами направленные и имеют определенный вес, отображающий степень влияния одного пользователя на другого. Подробное построение модели социального графа, а также использование метода вычисления коммуникационной эффективности узлов описано в работе [1].

### Метод с вычислением коммуникационной эффективности узлов

При тестировании данного метода на лабораторных графах обнаружился его существенный недостаток: в качестве наиболее влиятельных узлов могут выступать узлы–«читатели». Сам метод основан на выявлении узлов, при удалении которых нарушается распространение информации в сети, то есть понижается «коммуникационная эффективность». Вполне закономерно, что влиятельными пользователями в данном случае будут являться не только пользователи, которые представляют собой источник информации, но и пользователи, которые способствуют распространению этой информации.

В качестве примера рассмотрим следующий граф (рисунок 1):

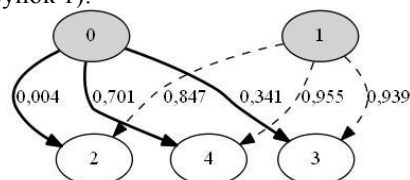


Рис. 1. Пример тестового графа сети

Здесь узлы 0 и 1 являются узлами–«писателями», а узлы 2,3,4 – узлами–«читателями». В данном примере наиболее влиятельным является узел 1. Значения коммуникационной эффективности при удалении из сети каждого из узлов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения коммуникационной эффективности

Номер узла	Эффективность
0	3,38
1	251,68
2	6,54
3	250,97
4	252,49

На рисунке 2 представлено графическое отображение изменения коммуникационной эффективности при удалении того или иного узла.

Как видно из таблицы 1 и рисунка 2, минимальное значение коммуникационной эффективности наблюдается при удалении узла 0 из сети. В этой точке на графике можно наблюдать «провал» кривой.

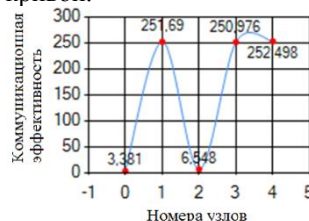


Рис. 2. Значения коммуникационной эффективности



Это означает, что узел 0 представляет собой модель наиболее влиятельного пользователя. Однако «провал» кривой, то есть минимум значения коммуникационной эффективности наблюдается также в узле 2, который является узлом-«читателем».

#### Метод с вычислением информационной энтропии

Ключевое понятие, используемое в данном подходе – энтропия. Энтропия – это показатель, позволяющий отобразить количество информации, которое может быть передано через канал передачи информации [2].

Значения энтропии каждого из узлов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения энтропии узлов графа

Номер узла	Энтропия
0	18,59
1	81,40
2-4	0

На рисунке 3 представлено графическое отображение значений энтропии.

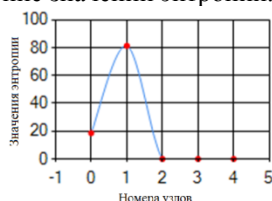


Рис. 3. Значения энтропии узлов графа

Как видно из таблицы 2 и рисунка 3, максимальное значение энтропии у узла 1. Несмотря на то, что узел 1 принадлежит к числу узлов-«писателей», в действительности этот узел не отображает наиболее влиятельного пользователя. Таким образом, метод вычисления информационной энтропии не позволяет найти наиболее точное решение поставленной задачи.

#### Метод Боргатти

Метод Боргатти основывается на вычислении центральности каждой вершины графа [4]. Результаты вычислений показателей центральности подробно описаны в работе [5]. На лабораторных графах метод Боргатти показал достаточно устойчивые результаты.

Результат выявления наиболее влиятельного пользователя методом Боргатти для графа, представленного на рисунке 1, графически отображен на рисунке 4. Можно увидеть, что данный метод также выбрал узел 0 в качестве наиболее влиятельного (на графике в данной точке наблюдается максимальное значение центральности вершины), второе место после него занимает узел 1.

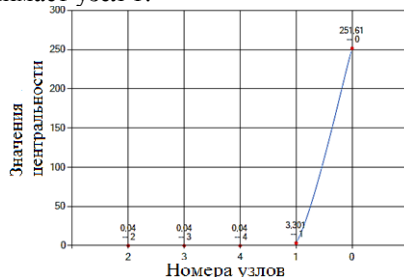


Рис. 4. Значения центральности узлов графа

Однако значительным недостатком данного метода является его ресурсозатратность. Значительное «отставание» по времени от других методов наблюдается уже для графа, состоящего из 80 узлов: 30 узлов-«читателей» и 50 узлов-«писателей». Среднее время поиска наиболее влиятельного пользователя для различных масштабов графов представлено в таблице 3.

Таблица 3. Время поиска наиболее влиятельного пользователя (выражено в мс)

Наименование метода \ Количество узлов графа	0	80	100	180
Коммуникационная эффективность	2	1870	4718	32757
Энтропия	3	1876	4741	32793
Боргатти	3	1900	4786	33017

#### Заключение

Среди рассмотренных методов наиболее точное решение предоставляет метод Боргатти. Однако в отличие от остальных методов, данный метод задействует наибольшее количество вычислительных ресурсов. Этот недостаток является достаточно существенным, так как при росте объема обрабатываемой информации, значительно увеличится и время обработки этой информации. Подобного рода проблема может быть решена с помощью нейронной сети, которая будет обучена находить наиболее влиятельных пользователей методом Боргатти.

#### Список использованных источников

1. Ortiz-Arroyo D. Discovering Sets of Key Players in Social Networks // Computer Communications and Networks, Т. 1 – 2009, с. 27-47
2. Замятина В.С., Лунева Е.Е. Оценка влиятельности пользователей социальной сети в заданной предметной области// Молодёжь и современные информационные технологии, Т. 1 – 2017, С. 171-173
3. Информационная энтропия [Электронный ресурс]/Wikipedia.URL:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная\\_энтропия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная_энтропия), свободный. Яз. Рус.
4. Centrality [Электронный ресурс] / Wikipedia. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Centrality>, свободный. Англ. Рус.
5. Stephen P Borgatti. On the Robustness of Centrality Measures// Under Conditions of Imperfect Data. – 2006. С 22-34.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-07-00034 А).

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ЕИЭМПЗ

Ивченко А.Ю., Ботыгин И.А.  
Томский политехнический университет  
ayi11@tpu.ru

### Введение

Человечество активно взаимодействует с природой. Соответственно, возникает потребность в прогнозировании различных природных процессов и катаклизмов. Многоканальный геофизический регистратор МГР-1 предназначен для регистрации электромагнитных процессов в земной коре, геофизической разведки, поиска структурных и литологических неоднородностей, мониторинга геодинамического движения земной коры, экспресс-оценки сейсмической опасности [1 – 3].

В настоящей работе представлена разработка платформу-независимого комплекса программ для эффективной визуализации и автоматического анализа наблюдений с регистраторов МГР-1, находящихся на серверах в сети Интернет.

### Описание алгоритма

Файл регистратора МГР-1 структурирован в блоки по тринадцать байт следующим образом: первые тринадцать байтов файла содержат идентификатор станции и серийный номер, в каждой следующей последовательности по тринадцать байт закодировано время (три однобайтовых значения), количество импульсов по трем каналам (по одной беззнаковой переменной размером два байта на канал) и амплитуда по двум каналам (по одной знаковой переменной размером два байта на каждый канал).

Программное обеспечение имеет оконный интерфейс, реализованный с использованием пакета JavaSwing. Разработанный интерфейс позволяет выбирать несколько файлов с расширением *mgf* для обработки, выбирать временной промежуток измерений и усреднять данные по заданному интервалу между мгновенными значениями, строить графики выбранных данных, масштабировать их и сохранять на жестком диске в стандартных форматах хранения.

Программа реализует выбор указанных файлов из каталога сервера, согласно установленным временным условиям. На первом этапе выборки происходит чтение *web*-страницы, осуществляемое при помощи пакетов *JavaIO API* и *JavaNet API* [4, 5]. Структура *web*-страницы должна соответствовать определенному шаблону. Считанная *web*-страница представляется как набор папок и станций, элемент которого можно выбрать для последующий действий: «войти» в подпапку или обработать все файлы с данным серийным номером в данной директории и во всех поддиректориях, соответственно (рис. 1, рис. 2).

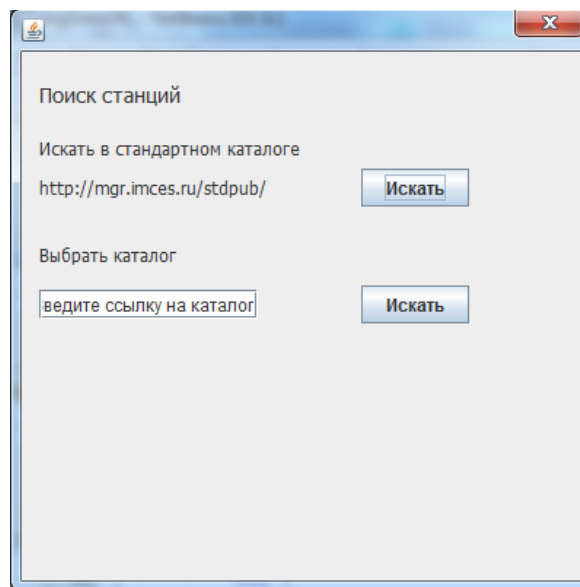


Рис. 1. Поиск станций

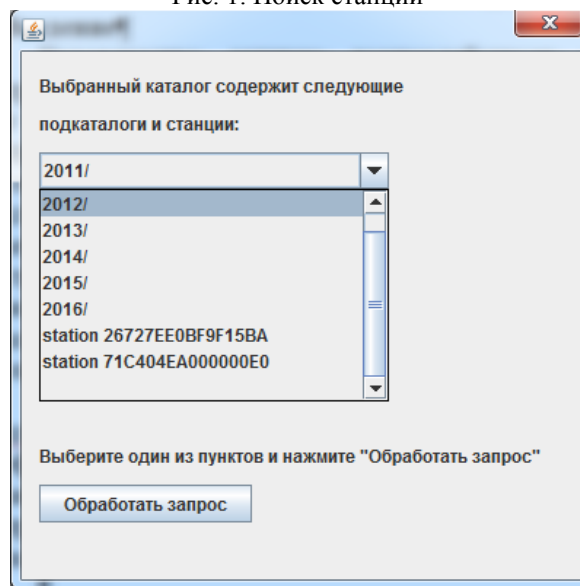


Рис. 2. Содержание каталога

После выбора серийного номера станции пользователь вводит интересующий его временной промежуток. Данные контролируются и конвертируются в таблицу исходных данных согласно пользовательским временным ограничениям при помощи класса *DataInputStream* пакета *JavaIO API*. Каждая строка таблицы отображает мгновенное значение измеряемых величин в определенный момент времени.

Для графического представления данных используется пользовательский пакет *JFreeChart*, который также реализует возможность сохранения графика в ПЗУ и позволяет масштабировать

графики выделением нужной площадки компьютерной мышкой, а также увеличением размера окна. Визуализация происходит на основе обработанных данных, помещенных в объект типа XYSeries [6].

Диалоговый интерфейс (рис. 2) содержит четыре поля ввода: верхние два поля предназначены для ввода начальной и конечной даты измерения, два нижних – для ввода временного промежутка измерений. Из рис. 2. видно, что пользователя интересуют данные с четвертого по шестое июня с четырех до шести утра

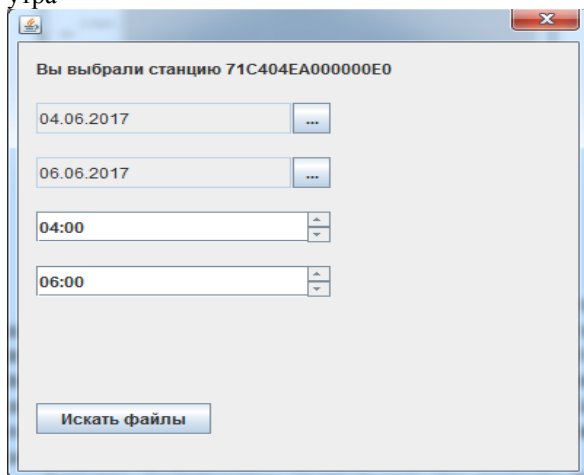


Рис. 2. Задание временных параметров

Диалоговый интерфейс (рис. 3) также позволяет выбрать графики и их интервал усреднения, а также вывести и сохранить таблицу данных (рис. 4), на основе которой строятся графики (рис. 5)

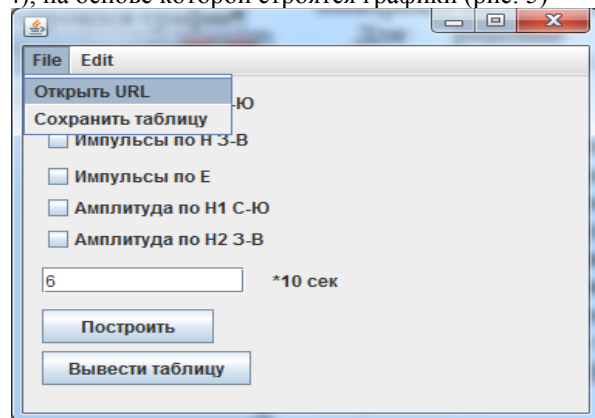


Рис. 3. Интерфейс вывода



Дата	Время	Импульсы ...	Импульсы ...	Импульсы ...	Амплитуда ...	Амплитуда ...
170604	00:15:00	4608	19754	0	-297	-4521
170604	00:18:00	3925	15872	0	2646	8406
170604	00:21:00	2304	15317	0	-1407	982
170604	00:24:00	4480	15829	0	-1577	-2900
170604	00:27:00	2816	9600	0	10369	4994
170604	00:30:00	3541	10368	0	5803	-4692
170604	00:33:00	3456	9728	0	8918	-4265
170604	00:36:00	2816	12160	0	6955	13313
170604	00:39:00	4266	13909	0	257	13014
170604	00:42:00	3754	13610	0	930	6008

Рис. 4. Таблица усредненных данных

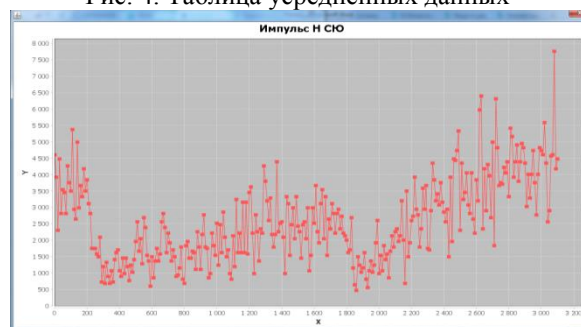


Рис. 5. Импульсы Н С-Ю

Для разработки и отладки программного обеспечения использовалась интегрированная среда разработки «NetBeansIDE 8.1».

### Заключение

На основе изученной структуры данных, получаемых с датчиков регистрации естественных импульсов электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) было разработано программное обеспечение для работы с удаленными серверами, позволяющее читать содержимое файлов с данными, конвертировать их в форматы удобные для восприятия и обработки.

### Список использованных источников

1. Многоканальный геофизический регистратор МГР – 01. [Электронный ресурс]. – URL: <http://archive.sbras.ru/expo/expo/doc/350.pdf> (дата обращения 12.10.2016).
2. Метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли [Электронный ресурс]. – URL: <http://nedraproject.com/method.htm> (дата обращения 12.10.2016).
3. Геопатогенные зоны и естественное импульсное электромагнитное поле Земли [Электронный ресурс]. – URL: [http://traidi.at.ua/publ/geopatogennye\\_zony\\_i\\_estvennoe\\_impulsnoe\\_ehlektromagnitnoe\\_pole\\_zemli/3-1-0-9](http://traidi.at.ua/publ/geopatogennye_zony_i_estvennoe_impulsnoe_ehlektromagnitnoe_pole_zemli/3-1-0-9) (дата обращения 12.10.2016).
4. Руководство по языку программирования Java. [Электронный ресурс]. – URL: <http://metanit.com/java/tutorial/> (дата обращения 1.04.2016).
5. Java™ Platform, Standard Edition 7 API Specification. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/> (дата обращения 1.04.2016).
6. JFreeChart - QuickGuide. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.tutorialspoint.com/jfreechart/jfreechart\\_quick\\_guide.htm](http://www.tutorialspoint.com/jfreechart/jfreechart_quick_guide.htm) (дата обращения 15.04.2016).

## РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ОТЧЕТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ВЁРСТКИ TEX

Ветров А.А., Хаустов П.А.  
Томский политехнический университет  
aav29@tpu.ru

### Введение

Система для автоматического построения отчётов является актуальной для учащихся высших учебных заведений. В ходе обучения и выполнения научной работы приходится создавать большое количество документов, среди которых –отчёты о выполнении лабораторных работ и индивидуальных заданий, пояснительные записки к курсовым и дипломным работам. Каждый из таких документов должен быть выполнен с учётом определённых стандартов. Эти стандарты состоят из десятков страниц, определяющих большое количество правил по оформлению документов, такие как шрифт, поля, отступы, интервалы, правила оформления заголовков и так далее [1]. Соблюдения этих правил делает документы единообразными и приятными для просмотра, но на то, чтобы поддерживать их в документе, требуется немало усилий. В итоге, на оформление отчетности может уйти больше времени, чем на саму работу.

Цель работы – автоматизирование процесса по созданию и оформлению отчётности. В качестве технологии для обработки документов была выбрана система компьютерной вёрстки, основанная на языке TeX, так как этот язык позволяет задавать разметку документов и правила преобразования текстовой и графической информации в файл, пригодный для печати [2].

### Требования к функционалу

Работа с созданием документов на языке TeX требует от пользователя специфических знаний, касаемых синтаксиса языка и используемых команд.

Поэтому основной задачей работы является создание интерфейса для работы с документами по принципу WYSIWIG, что позволит сразу видеть результат редактирования документа и снизит количество необходимых знаний для пользователей [3].

Ключевой особенностью данной системы является поддержка стандартов по оформлению документов. Встроенные в систему шаблоны позволяют абстрагироваться от внешнего вида документов и работать с содержанием и структурой документа. Система шаблонов позволяет обобщить принцип работы с разными типами документов, имеющими схожую структуру, но различный внешний вид. Работая с одним и тем же структурным макетом, с помощью

шаблонов можно создать любую организацию данных из этого макета в итоговом документе.

Также система должна поддерживать создание собственных шаблонов, позволяющих подстроить документ под собственные нужды.

### Структура системы

Система должна состоять из двух частей: клиентской части, работающей в браузере пользователя, и серверной части, работающей на отдельном сервере. Общая структура системы представлена на рисунке 1.

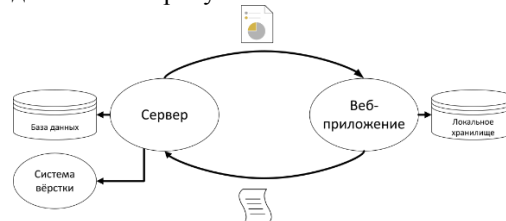


Рис. 1. Общая структура системы

Основное взаимодействие пользователя с системой происходит через клиентскую часть. В ней должен быть реализован графический интерфейс редактора документов, позволяющий создавать новые и изменять существующие документы.

Клиентская часть также должна предоставлять личный кабинет каждому пользователю для управления собственными документами, которые были сохранены на сервере.

Пользовательские документы должны также храниться в локальном хранилище браузера для того, чтобы пользователь мог работать с документом даже при временном отсутствии соединения с сервером.

Серверная часть должна преобразовывать документы, поступающие из клиентской части, из текстового вида в графический с помощью системы вёрстки. Также сервер должен иметь базу данных для хранения информации о пользователях и пользовательские документы.

### Система вёрстки документов

Для преобразования документа из текстового формата в документ, пригодный для печати, необходима система вёрстки. В качестве инструмента для вёрстки используется система XeTeX, которая может верстать документы, написанные на языке TeX.

Процесс работы системы вёрстки можно разделить на следующие этапы:



- создание рабочей области;
- запись в рабочую область файлов, прикрепленных к документу;
- сборка документа на языке TeX и запись его в рабочую область;
- запуск XeTeX в рабочей области;
- обработка сообщений XeTeX, повторный запуск, если необходимо;
- возврат готового документа или ошибок.

## Веб-приложение

Для реализации клиентской части был выбран MVC фреймворк Angular, который формирует структуру приложения, а также библиотеки Google Material, предназначенные для оформления внешнего вида.

Веб-приложение работает непосредственно с моделью документа, предоставляет интерфейс и функционал для работы с ней. Приложение разбито на компоненты, так называемые «чёрные ящики», имеющие интерфейс для взаимодействия друг с другом, но скрывающие внутреннюю реализацию. Таким образом, компоненты могут добавляться, изменяться и тестироваться без необходимости менять всю архитектуру приложения. Схема взаимодействия компонентов представлена на рисунке 2.

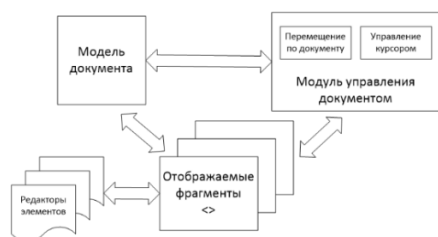


Рис. 2. Конфигурация компонентов

После этого был спроектирован интерфейс пользователя. Для этого были созданы HTML-шаблоны для каждого интерактивного элемента, присутствующего в редакторе, которые отображаются соответствующими директивами. В шаблонах используются элементы Google Material, которые позволяют оформить компоненты по стандартам оформления от Google [4]. На рисунке 3 изображена главная страница веб-приложения, а на рисунке 4 – интерфейс редактора.

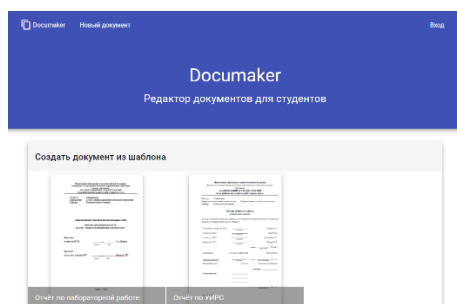


Рис. 3. Главная страница

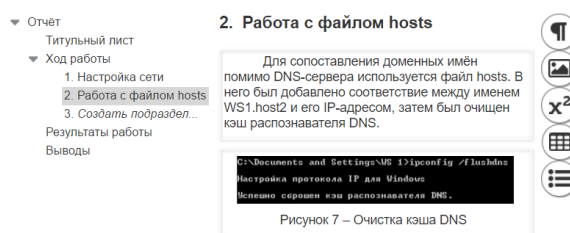


Рис. 4. Редактор документа

## Заключение

Была разработана система для создания и оформления документов. Это приложение было спроектировано с учётом требований студентов Томского политехнического университета, обучающихся на технических специальностях и выполняющих лабораторные и курсовые работы во время обучения.

Для работы с приложением студентам необходимо иметь лишь современный браузер и подключение к сети Интернет. Также от пользователя не требуется дополнительных знаний об особенностях оформления печатных документов. Разработанный пользовательский интерфейс не перегружен элементами управления и интуитивно понятен.

Всё это даёт возможность пользоваться приложением широкому кругу лиц, что упростит выполнение студентами отчётности и увеличит продуктивность обучения.

## Список использованных источников

1. СТО ТПУ 2.5.01-2006 Система образовательных стандартов - работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления. [Текст]. – Томск : ТПУ, 2006. – 49 с. – Режим доступа: [http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/eafu/obrazovanie/informatika/Tab\\_met/ukazan\\_inf1.pdf](http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/eafu/obrazovanie/informatika/Tab_met/ukazan_inf1.pdf).
2. LaTeX2e: An unofficial reference manual [Electronic resource]. – TUG, 2015. – Access mode: <http://tug.org/texinfohtml/latex2e.html>.
3. Ветров А. А., Хаустов П. А. Визуальный редактор математических формул для систем электронного документооборота [Электронный ресурс] // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2 т., Томск, 7-11 Ноября 2016. — Томск: ТПУ, 2017. — Т. 2. — С. 64-65. — Режим доступа: [http://portal.tpu.ru:7777/f\\_ic/files/science/activities/msit/msit2016/Sbornik\\_2016/Sbornik\\_MSIT\\_2016\(Tom2\).pdf](http://portal.tpu.ru:7777/f_ic/files/science/activities/msit/msit2016/Sbornik_2016/Sbornik_MSIT_2016(Tom2).pdf)
4. Material design – Material design guidelines [Electronic resource]. – Google, 2017. – Access mode: <https://material.io/guidelines/>



## ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕГОДОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНОМАЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ЗАПАДНО-СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

Колотовкина А.Ю., Степура Л.В., И.А. Ботыгин  
Томский политехнический университет  
ayk9@tpu.ru, lvs6@tpu.ru

В начале XXI столетия в отдельных регионах земного шара произошел ряд неблагоприятных климатических явлений (смерчи, засухи, наводнения, снегопады, ливни и т.д.), все это вызвало большие экономические, социальные и экологические последствия. В связи с этим сильно повысился интерес к проблемам изменения климата, которые обуславливаются естественными факторами и факторами которые возникают под влиянием человека. Согласно климатической доктрине России проблема изменений климата стала составной частью обеспечения национальной безопасности страны. Несмотря на достигнутые успехи в понимании физических и химических основ климатических изменений, современная климатология еще не в состоянии дать точный и надежный ответ на вопрос: какая главная причина современного изменения климата, и как оно будет развиваться в ближайшем будущем.

Температура воздуха подвержена значительным годовым, синоптическим и суточным изменениям, а также зависит от характера подстилающей поверхности, ее мезо- и микромасштабных особенностей, поэтому в качестве показателя, более чувствительного к крупномасштабным и локальным изменениям циркуляции, были использованы характеристики влажности воздуха, с которыми связаны изменения климата на территории Сибири.

В данной работе описывается исследование возможности использования комплексных температурно-влажностных характеристик для диагностики региональных изменений климата Сибири. Точнее, в качестве района исследования был выбран Сибирский сектор (60° в.д. - 119° в.д.). Для оценки пространственного масштаба выявленных аномалий дополнительно выполнены расчеты по соседним секторам: Европейскому (0 - 59° в.д.) и Дальневосточному (120° в.д. - 169° в.д.).

В качестве показателя аномальности температурно-влажностного режима был использован индекс К, предложенный Н.А. Багровым. Это безразмерное среднее нормированное значение аномалии (А), которое определяется через отношение месячной (годовой) аномалии метеорологической величины к ее среднему квадратическому отклонению ( $\sigma$ ) и характеризует интенсивность очагов аномалий разных знаков на рассматриваемой территории:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{A_n^2}{\sigma_n^2}$$

Если значение индекса К равно единице, то на рассматриваемой территории в каждом узле сетки абсолютное значение аномалии равно

естественной изменчивости. Нормирование позволяет исключить влияние сезонности и географической широты на рассматриваемые величины. Для определения площади, занимаемой аномалией того или иного знака, был использован параметр Р, предложенный Н.Н. Мякишевой, который указывает не только на знак, преобладающий в аномалиях, но и на относительную величину площади, занятой этой аномалией:

$$P = \frac{n_+ - n_-}{N}$$

где  $n_+$  - число точек с положительной аномалией,  $n_-$  - число точек с отрицательной аномалией, N - общее число точек (узлов сетки) на рассматриваемой территории.

Таблица 1. Соответствие значений индекса Р процентному соотношению суммарных площадей аномалий противоположных знаков на рассматриваемой территории

P	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1
$S_+$ (%)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
$S_-$ (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_-$ (%)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_+$ (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В многолетних изменениях индексов аномальности средних годовых значений приземной температуры и удельной влажности воздуха, удалось выделить два аномальных циркуляционных периода (рисунок 1):

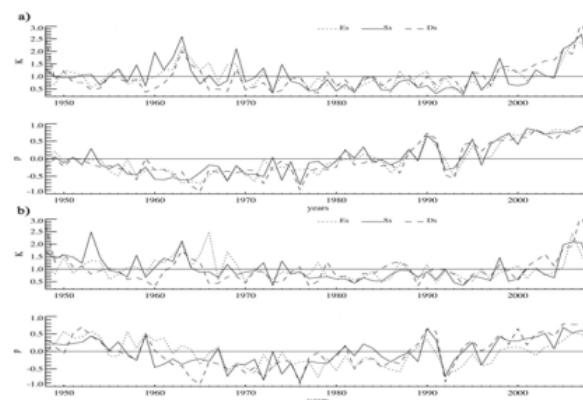


Рис.1. Изменение индексов аномальности (К и Р) средних годовых значений температуры (а) и удельной влажности воздуха (б) у поверхности Земли в Европейском (Es), Сибирском (Sb) и Дальневосточном (Ds) секторах.

1) 1957-1969 гг. (I), когда более 80% площади Сибирского сектора было занято отрицательными аномалиями температуры и удельной влажности воздуха;

2) с 1999 г. - по настоящее время (IV), когда практически вся территория Евразии, включая регион исследования, была занята положительными аномалиями средних годовых значений температуры и удельной влажности воздуха.

Для оценки степени тесноты линейной связи между индексами аномальности метеорологических величин на разных высотах была построена корреляционная матрица межуровневых значений коэффициентов парной корреляции, рассчитанных по средним месячным значениям индексов аномальности температуры, удельной и относительной влажности воздуха в Сибирском секторе за период 1948-2016 гг.

В целом, наиболее высокий уровень корреляционной связи ( $r=0,55$ ) установлен между индексами аномальности температуры ( $t$ ) и удельной влажности воздуха ( $q$ ) - температурно-влажностный комплекс ( $t-q$ ). Далее по степени тесноты линейной связи ( $r=0,47$ ) следует коррелированность значений индексов аномальности средних месячных величин удельной и относительной влажности воздуха ( $f$ ) - влажностный комплекс ( $q-f$ ) и практически отсутствует линейная корреляционная зависимость между индексами аномальности температуры и относительной влажности воздуха ( $t-f$ ).

В качестве показателя изменчивости температурно-влажностного режима в Сибирском секторе были рассчитаны величины среднего квадратического отклонения индексов аномальности ( $\sigma_k$ ) и ( $\sigma_p$ ) в период 1948-2016 гг. (рисунок 2).

Характеристика	Уровень			
	Земля	АТ-850 гПа (1,5 км)	АТ-500 гПа (5 км)	АТ-300 гПа (9 км)
индекс К				
температура воздуха	0,69 (0,09)	0,58 (0,07)	0,63 (0,08)	0,83 (0,11)
удельная влажность	0,48 (0,06)	0,49 (0,06)	0,75 (0,10)	0,71 (0,09)
относительная влажность	0,40 (0,05)	0,37 (0,05)	0,46 (0,06)	0,55 (0,07)
индекс Р				
температура воздуха	0,50 (0,06)	0,46 (0,06)	0,45 (0,06)	0,60 (0,08)
удельная влажность,	0,38 (0,05)	0,36 (0,05)	0,45 (0,06)	0,64 (0,08)
относительная влажность	0,31 (0,04)	0,27 (0,03)	0,39 (0,05)	0,63 (0,08)

Рис. 2. Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) и его средняя ошибка для индексов аномальности (К и Р) средних месячных значений температуры и влажности воздуха на разных высотах в Сибирском секторе за период 1948-2016 гг.

Выявлено, что наибольший разброс характерен для индексов аномальности температуры и удельной влажности воздуха, особенно в верхней тропосфере (9 км), а наименее изменчивы во времени межгодовые значения индексов аномальности относительной влажности воздуха, особенно на уровне АТ-850 гПа (1,5 км).

На основе спектрального анализа обнаружено, что в изменении индексов аномальности

температуры и влажности воздуха на территории Сибирского сектора отчетливо выделяются два вида колебаний: короткопериодные вариации (менее года и от года до 12-15 лет) и циклические колебания (20-30 лет). Наиболее интересным оказалось наличие в вариациях индексов температурно-влажностного режима на территории Сибири хорошо выраженных возмущений с периодами 2-7 лет, совпадающих с периодичностью южных типов атмосферных процессов, частота которых возросла именно в последнюю (южную меридиональную) эпоху циркуляции.

В наблюдаемых в ходе работы изменениях температурно-влажностного режима на территории Сибирского региона хорошо прослеживается уровень корреляционной связи между аномалиями температуры и удельной влажностью воздуха. Это отчетливо проявляется в нижней части тропосферы и определяет существенную роль адвективных и вихревых факторов в формировании особенности климата Сибирского региона.

#### Список использованных источников

1. Анисимов О.А. Современные изменения климата в области высоких широт Северного полушария/ О.А. Анисимов, М.А. Белолудкая, В.А. Лобанов // Метеорология и гидрология. 2003. - №1. - С. 18-30.
2. Груза Г. В. Оценка предстоящих изменений климата на территории Российской Федерации / Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова // Метеорология и гидрология. -2009. № 11. -С. 15-29.
3. Платова Т. В. Годовые экстремумы температуры воздуха на территории Российской Федерации и их климатические изменения / Т.В. Платова // Метеорология и гидрология. -2008. №11.- С. 80-85.
4. Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала / Под ред. С.Д. Кошинского, А.Д. Дробышева.- Л.: Гидрометеиздат,1986.- ч.П. 237 с.
5. Мякишева Н.Н. Аномальность полей средней месячной температуры и их межмесячная изменчивость / Н.Н. Мякишева // Труды Гидрометцентра СССР. -1973.-Вып. 106. -С. 32-49.
6. Мохов И.И. Российские климатические исследования в 2003-2006 гг./ И.И. Мохов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана, - 2009. - Т.45.- №2. - С.180-192.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СЕТЕЙ ПУНКТОВ ПРОВЕДЕНИЯ ЕГЭ И ОГЭ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А.Горюнова, И.Н.Комаров, А.В.Лепустин  
Томский политехнический университет,  
[mag8@tpu.ru](mailto:mag8@tpu.ru)

### Введение

ЕГЭ и ОГЭ – ежегодно проводимые экзамены для выпускников девятых и одиннадцатых классов. Некоторые ученики не имеют возможности сдавать экзамены в своей школе (так как в школах отсутствуют необходимые условия: видеоканалы, высокая скорость передачи данных по школьному каналу связи и др.), поэтому обеспечивается их доставка в пункт сдачи экзамена. Совокупность школ и пунктов сдачи экзаменов образует сеть, оптимальность построения которой исследуется в данной работе. В рамках данной работы вносятся предложения по оптимизации существующей сети для уменьшения временных и денежных затрат.

### Аналоги

Подобная задача решалась Центром новых технологий Горно-Алтайского университета в 2003 году. Основными требованиями были:

- пункт проведения ЕГЭ должен находиться в населенном пункте со средней школой, имеющей значительное количество выпускников;
- время в пути от школ, сдающих экзамен в данном пункте до самого пункта не должно превышать 60 минут [1].

Данная задача была решена методом анализа геометрических сетей в среде ArcGIS. Формирование слоёв данных (точечный слой населенных пунктов, в которых есть школы и линейный слой автомобильных дорог) выполнялось вручную.

### Описание исходных данных

Исходными данными является база данных, хранящая информацию об адресах школ и пунктов проведения экзаменов, вместимости каждого из пунктов и информацию об отношениях между школами и пунктами.

### Обзор технологий

Для подготовки данных необходимо использовать картографические сервисы. Для данной работы был проведен обзор некоторых из существующих сервисов. В результате были выбраны сервисы Яндекс.Карты и Google Maps. Оба сервиса предоставляют бесплатный API с функциями геокодирования и построения маршрутов.

### Проектирование и реализация приложений подготовки данных

Для подготовки данных было реализовано web-приложение, предоставляющее функционал распознавания координат, построения маршрутов и визуализации сети, спроектированное с использованием принципа MVC. Для реализации клиентской части использовался язык JavaScript,

фреймворк Angular и библиотека jQuery. Для реализации серверной части использовался фреймворк ASP.Net Core.

Данное приложение реализовано с использованием принципа Inversion of Control, что предоставляет возможность подменить используемую базу данных, причем база данных может обладать любой структурой (диаграмма компонентов приложения приведена на рисунке 1).



Рис. 1. Диаграмма компонентов приложения

Распознавание координат реализовано в три шага: распознавание координат с использованием сервиса Яндекс.Карты, распознавание с использованием сервиса Google Maps и объединение координат. На 3 шаге пользователь имеет возможность выбрать одну из пар распознанных координат или предложить свою.

Использование двух сервисов позволяет увеличить точность распознавания, так как каждый сервис в отдельности не дает нужного результата. При распознавании координат по адресам сервис Яндекс.Карты вернул координаты 100% адресов, а Google Maps только 77% адресов. Среди распознанных сервисом Яндекс.Карты координат процент распознанных неверно оказался больше, чем для сервиса Google Maps.

Для оптимизации и исследования сети необходима информация о маршрутах для каждой пары школ. Функционал построения и сохранения маршрутов реализован в приложении с использованием функций маршрутизации API Яндекс.Карты. Данный API строит автомобильный маршрут по дорогам, возвращая длину и время пути.

Приложение визуализации сети отображает сеть, описанную в формате JSON в виде меток на карте и связей между ними.

### Описание методов решения

Для районов с небольшим количеством школ (5-10) и выделяемых пунктов сдачи экзаменов применим алгоритм полного перебора. Данный алгоритм показывает плохие результаты в производительности при увеличении количества школ в районе.

Основным алгоритмом, использованным в данной работе, является алгоритм выделения полюсов, описанный в работе Погребным В.К.[2]:

1. Первым полюсом  $q_{i1}$  принимается точка  $q_i \in Q$ , которая максимально удалена от всех других точек множества  $Q$ . Точка  $q_{i1}$  определяется формулой:  $\forall q_i \in Q \left[ \sum_{q_j \in Q \setminus q_i} d_{ij} = \max \right] \Rightarrow (q_i = q_{i1})$ , где  $d_{ij}$  – расстояние между точками  $q_i$  и  $q_j$ . Точка  $q_{i1}$  заносится в множество полюсов  $Q_p$ .

2. Для каждой точки  $q_i \in Q \setminus Q_p$  определяются расстояния  $d_{iip}$  от точки  $q_i$  до полюсов. Среди этих расстояний выбирается минимальное и запоминается. Таким образом, каждой точке  $q_i \in Q \setminus Q_p$  соответствует величина  $d_{iip}^*$ .

3. Среди множества величин  $\{d_{iip}^*\}$  выбирается максимальное значение, а соответствующая точка  $q_i \in Q \setminus Q_p$  принимается в качестве очередного  $p$ -го полюса  $q_{ip}$  и включается в множество  $Q_p$ .

4. Операции 2 и 3 повторяются до тех пор, пока число полюсов в множестве  $Q_p$  не достигнет заданного ограничителя.

После определения множества полюсов выполняется распределение школ по пунктам (каждая школа направляется в ближайший пункт). В результате образуются компоненты (пункт и школы, направленные в него).

Для полученных компонент выделяется центральный пункт, в который направляются для сдачи все школы компоненты. Для выделения центральных пунктов в компонентах используется алгоритм полного перебора.

#### Исследование сети ЕГЭ

Существующая сеть состоит из 242 школ и 90 пунктов сдачи, 53 из которых расположены на базе школ.

В качестве величины оценки оптимальности была выбрана суммарная длина пути, преодолеваемого всеми учениками до пунктов сдачи экзаменов.

Для существующей сети данная величина составила 2283,85 км.

На первом этапе выполнено построение сети без учета вместимости. В каждом районе выделялось не более 30% от количества школ пунктов, все остальные школы распределялись по этим пунктам. Суммарное расстояние для полученной сети составило 1501,4 километров.

На следующем шаге выполнялось построение сети с учетом количества учеников и вместимости каждой школы. Суммарное расстояние при распределении с учетом количества сдающих экзамен и вместимости пунктов составило 1756,4 километров.

На двух предыдущих этапах распределение проводилось в пределах одного района, такое распределение часто является не оптимальным. Учитывая это, был предложен следующий алгоритм: для каждой школы из базы данных выбирался ближайший пункт (из любого района), способный вместить учеников данной школы, если выбранный пункт отличался от пункта, в который школа была направлена ранее, то школа

перенаправлялась во вновь найденный пункт. На данном этапе суммарное расстояние составило 1731,4 километров. В итоге полученная после оптимизации сеть включает 242 школы и 72 пункта сдачи ЕГЭ; суммарное расстояние уменьшено на 552 километра.

#### Исследование сети ОГЭ

Существующая сеть школ и пунктов сдачи ОГЭ включает в себя 274 школы и 249 пунктов на базе школ.

Для сети, описывающей школы и пункты сдачи ОГЭ по одному предмету (математика) суммарное расстояние составило 1745,3.

На первом шаге формировались предложения по оптимизации без учета вместимости. Как и в случае сети ЕГЭ, выполнялась отдельно для каждого района; количество объявляемых пунктов 40% от количества школ в каждом районе. Суммарное расстояние для данной сети составило 1104,7 километров.

Следующие шаги оптимизации аналогичны тем, что были выполнены для сети ЕГЭ. Результирующая диаграмма, отражающая суммарную длину пути для каждого этапа оптимизации, приведена на рисунке 2.

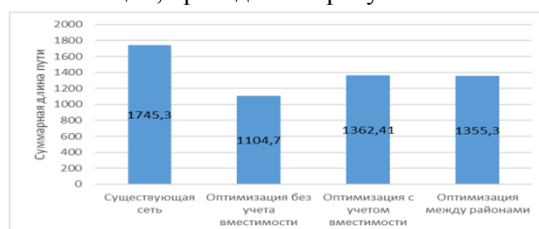


Рис. 2. Диаграмма, отражающая суммарную длину пути для каждого этапа оптимизации

#### Заключение

В данной работе рассмотрена существующая сеть школ и пунктов сдачи ЕГЭ и ОГЭ в Томской области.

Результатом работы являются сформированные предложения по оптимизации существующих сетей.

Также результатом работы является приложение, облегчающее процесс исследования сети школ и пунктов сдачи экзаменов. Данное приложение может быть использовано для различных классов задач, в которых необходимо геокодирование, маршрутизация или визуализация географических объектов и связей между ними.

#### Список использованных источников литературы

1. Esri-CIS. [Электронный ресурс], [2013–] – URL: [https://www.esri-is.ru/news/arcreview/detail.php?ID=19321&SECTION\\_ID=1069](https://www.esri-is.ru/news/arcreview/detail.php?ID=19321&SECTION_ID=1069) (дата обращения: 02.03.2017).

2. Погребной В.К. Автоматизированное проектирование распределенных систем реального времени. Учебное пособие для вузов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011, –312с.



## РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ АГРЕГАТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА

Сун Шичэнь, Чжан Сяоян, Б. Б. Мойзес, А. Н. Гаврилин  
Томский политехнический университет  
mbb@tpu.ru

### Введение

Гидравлический привод нашел широкое применения в различных видах технологического оборудования: металлообрабатывающие станки, подъемные и транспортные машины и т.д. От качества работы гидропривода и его надежности зависит не только качество выполняемых работ, но и безопасность жизнедеятельности.

В процессе эксплуатации рабочая жидкость загрязняется, а гидравлические элементы выходят из строя. В связи с этим отмечается [1], что характерными неисправностями элементов гидропривода являются:

- нарушение герметичности гидравлической системы;
  - износ сопряжений в подвижных деталях;
  - загрязнение фильтров
- и т.д.

Указанные неисправности влияют оказывают значительное воздействие на эксплуатационные параметры гидропривода.

Главная цель технического диагностирования гидропривода – повышение его надежности и снижение затрат, связанных с его эксплуатацией.

Основные параметры диагностирования гидроприводов являются: амплитуда пульсаций давления; утечки рабочей жидкости; уровень шума; интенсивность нагрева; максимальное давление; степень загрязненности рабочей жидкости; температура рабочей жидкости и корпусных деталей; частота вращения ротора и т.д.

К основным элементам гидропривода относят: гидронасос, гидромотор, гидрораспределитель, гидроцилиндр, фильтр рабочей жидкости, дроссель, предохранительный клапан.

В процессе диагностики решаются следующие задачи:

- обнаружение неисправностей;
- определение причин отказов гидроприводов;
- определение технического состояния гидропривода;
- определение степени необходимости регулировок или замены узлов;
- установление необходимости ремонта гидроагрегатов.

Основные задачи при разработке систем диагностирования гидравлических приводов машин:

- разработка алгоритмов диагностирования гидравлических приводов;

- прогнозирование изменения их технического состояния при эксплуатации;
- выбор методов диагностирования;
- разработка средств диагностирования.

В зависимости от способа получения информации о состоянии привода различают различные методы диагностирования, один из которых вибродиагностический – измерение уровня вибраций объектов диагностирования.

### Постановка задачи

Цель исследований заключалась в разработке простой и точной методики вибродиагностики элементов гидропривода

В задачи входило:

- апробация комплекса «Виброрегистратор-У» при диагностике элементов гидропривода;
- проведение диагностики выбранного гидроэлемента;
- разработка инструкции по вибродиагностике на примере выбранного гидроэлемента.

Для решения поставленных в работе задач выбран аксиально-поршневой насос, т.к. вибродиагностический метод наиболее приемлем для гидроэлементов, работающих циклически.

### Мобильный диагностический комплекс

Мобильный диагностический комплекс «Виброрегистратор-У» состоит из трех элементов:

- пьезоэлектрические датчики ар2037-100: преобразование механических колебаний в электрический сигнал;
- виброизмерительный модуль К-5101: подключение датчиков, оцифровка сигналов (функции АЦП);
- ноутбук с программным обеспечением: обработка информации о вибрациях, представление результатов в виде временных и частотных диаграмм, запись отчетов.

Датчики имеют возможность крепления на магнит, механически и при помощи клея. В нашем случае корпус выполнен из немагнитного материала, поэтому предполагается крепление при помощи клея.

Виброизмерительный модуль при помощи кабелей подключается к электрической сети и ноутбуку.

Ноутбук с программным обеспечением «Виброрегистратор» позволяет в автоматизированном режиме обрабатывать результаты виброизмерений.

Комплекс хорошо зарекомендовал себя при вибродиагностике металлорежущих станков.



### Гидравлический стенд

Для достижения поставленной цели разработана гидравлическая схема стенда (рис. 1), создан стенд (рис. 2).

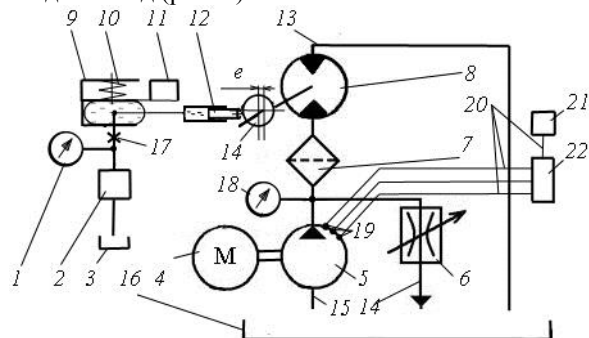


Рис. 1. Гидравлическая схема:

1, 18 – манометр; 2 – ручной насос; 3, 16 – бак;  
4 – электродвигатель; 5 – аксиально-поршневой насос; 6 – крановый дроссель; 7 – фильтр;  
8 – гидромотор; 9 – карскас с упругой поджатой оболочкой; 10 – пружина; 11 – груз;  
12 – плунжерная пара; 13, 14 – сливная магистраль; 15 – напорная магистраль; 17 – кран;  
19 – акселерометры; 20 – информационные каналы; 21 – ноутбук; 22 – вибропреобразователь

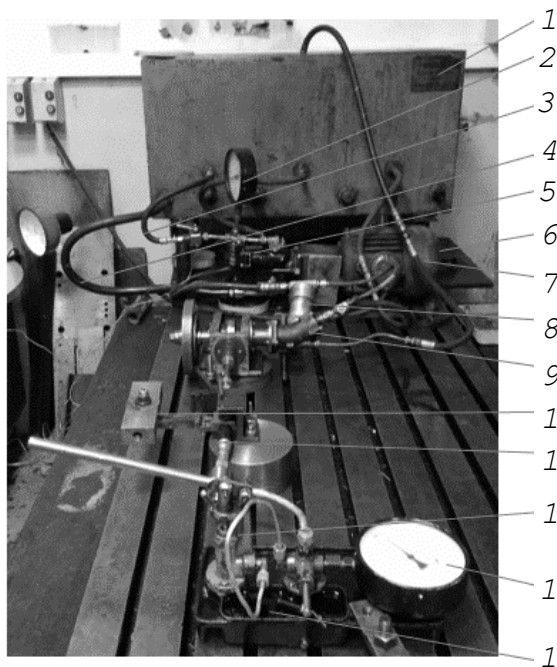


Рис. 2. Гидравлическая схема:

1, 14 – бак; 2, 13 – манометр; 3, 7 – сливная магистраль; 4 – напорная магистраль;  
5 – аксиально-поршневой насос; 6 – электродвигатель; 8 – фильтр; 9 – гидромотор; 10 – груз;  
11 – карскас с упругой поджатой оболочкой; 12 – ручной насос

### Экспериментальные исследования

План эксперимента заключался в нагружении гидросистемы в диапазоне давления  $P=10...50$  МПа, регистрация вибрационной картины по трем каналам – осям (рис. 3).

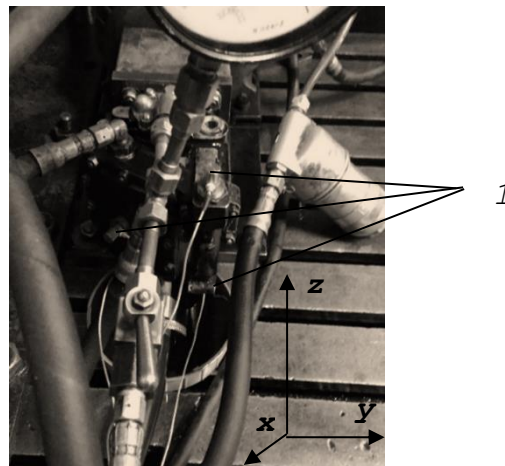


Рис. 3. Схема установки датчиков 1

В таблице 1 приведена информация из отчета об однократном измерении вибрации.

Таблица 4. Сведения о перемещениях

Канал	Пик	СКЗ	Мощность
1 (z)	9,478950	1,838427	2,273919
2 (y)	4,334412	0,900941	0,057248
3 (x)	22,970870	5,935972	1267,357460

### Выводы

Построенная диаграмма (рис. 4) демонстрирует снижение вибрации при увеличении давления. Зная, что уровень вибрации у исправных насосов должен расти, делается вывод о недопустимом уровне износа поверхностей распределителя, что приводит к перетеканию жидкости из напорной в сливную магистраль

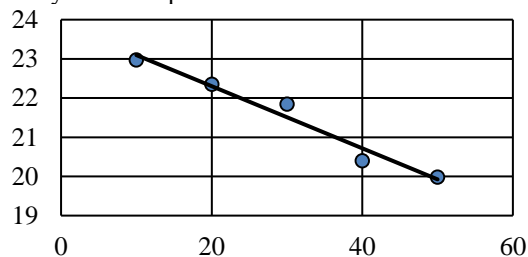


Рис. 4. Обобщенные данные эксперимента

Проведенные эксперименты позволили разработать инструкцию по вибродиагностике.

### Заключение

Созданный гидравлический стенд позволил апробировать мобильный комплекс «Виброрегистратор-У» при диагностике элементов гидропривода. Проведенные испытания продемонстрировали эффективность применения данного комплекса и позволили создать методику.

### Список использованных источников

1. Алексеева Т. В., Бабанская В. Д., Башта Т. М. и др. Техническая диагностика гидравлических приводов. М.: Машиностроение. 1989. – 263 с.

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Н. А. Солтаганов, И.А Ботыгин  
Томский политехнический университет  
nas38@tpu.ru

### Введение

Климат планеты подвержен постоянным изменениям. Анализ наблюдений климата позволяют понять причины его изменений и прогнозировать. Фактические сведения об атмосфере, погоде и климате дают метеорологические наблюдения. Метеорологические наблюдения ведутся на станциях по единым методикам, с использованием однотипных приборов и в определенные часы суток [1-3].

### Разработка программного обеспечения

Спектр измеряемых параметров стандартными метеостанциями достаточно широкий. С привязкой к сроку наблюдения измеряются свыше трех десяткой параметров (температура, давление, влажность, ветер, облачность и другие). Указанные параметры могут быть связанными между собой (взаимосвязанными), либо независимыми. Как правило, зависимость между указанными параметрами носит статистический характер. Изменение одного из параметров или нескольких влечет изменение распределения других параметров, которые принимают свои значения с определенными вероятностями.

В метеорологии чаще всего корреляционный анализ включает изучение связей между множеством параметров на одной выборке. То есть вычисления корреляции производятся для каждой пары из множества рассматриваемых параметров. В настоящей работе исследуется взаимосвязь (корреляционная зависимость) между значениями следующих метеорологических параметров: горизонтальная дальность видимости, общее количество облачности, количество облачности нижнего яруса, форма облаков верхнего яруса, форма облаков среднего яруса, форма облаков вертикального развития, слоистые и слоисто-кучевые облака, слоисто-дождевые, разорванно-дождевые облака, высота нижней границы облачности, погода между сроками, погода в срок наблюдения, направление ветра, средняя скорость ветра, максимальная скорость ветра, сумма осадков, температура поверхности почвы, минимальная температура поверхности почвы между сроками, максимальная температура поверхности почвы между сроками, температура воздуха по сухому термометру, минимальная температура воздуха между сроками, максимальная температура воздуха между сроками, парциальное давление водяного пара, относительная влажность воздуха, дефицит насыщения водяного пара, температура точки

росы, атмосферное давление на уровне станции, атмосферное давление на уровне моря, характеристика барической тенденции, величина барической тенденции, температура поверхности почвы, минимальная температура поверхности почвы между сроками, максимальная температура поверхности почвы между сроками, температура воздуха по сухому термометру, минимальная температура воздуха между сроками, максимальная температура воздуха между сроками, парциальное давление водяного пара, относительная влажность воздуха, дефицит насыщения водяного пара, температура точки росы, атмосферное давление на уровне станции, атмосферное давление на уровне моря, характеристика барической тенденции. В работе корреляционная зависимость между указанными параметрами определяется для взаимосвязи двух случайных величин только в виде коэффициента корреляции. Так как корреляционный момент (коэффициент ковариации) имеет большую размерность, по которой трудно оценивать зависимость параметров.

Для вычисления коэффициента корреляции использовалось следующее выражение:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Программные эксперименты проводились для данных, полученных со станции с синоптическим индексом станции 29430 (Томск) со сроками наблюдения, указанным в таблице.

Таблица. Описание сроков наблюдения

Год по Гринвичу	2016
Месяц по Гринвичу	1-12 (интервал 1)
День по Гринвичу	1-7 (интервал 1)
Срок по Гринвичу	1-12 (интервал 1)
Год источника (местный)	2016
Месяц источника (местный)	1-12 (интервал 1)
День источника (местный)	7
Срок источника (местный)	1-12 (интервал 1)
Номер срока в сутках по ПДЗВ	1-7 (интервал 1)
Время местное	1(интервал 3)
Номер часового пояса	6
Начало метеорологических суток по ПДЗВ	18



## СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ–КЛИЕНТА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФРАНЧАЙЗИНГОВЫХ СЕТЕЙ

С. С. Ларионов

Томский политехнический университет  
ssl1@tpu.ru

### Введение

На сегодняшний день в сферу торговли внедрено огромное количество компьютерных систем, помогающих как сэкономить время сотрудников сферы, так и получить наиболее точные данные о работе предприятия. Такие программные продукты как «1С : Торговля и склад», «МойСклад» значительно сокращают время работников на подсчеты расходов и доходов, на ведение документации по процессу торговли. Проблема экономии времени сотрудников и владельцев франшиз побудила нас разработать систему для полной автоматизации процесса работы франчайзинговой сети. Система автоматизации для франчайзинговых сетей «Fraisys» создана специально для полного управления процессом торговли во франчайзинговой сети. Владелец франшизы может получить данные об инвентаризации на всех складах партнеров, а также данные об их продажах прямо с сайта системы Fraisys. Это позволяет избавиться от постоянной отчетности партнеров и от постоянной необходимости общения с партнерами, что существенно экономит время как владельцев франшиз, так и их партнеров.

### Система Fraisys

В системе Fraisys имеются три типа пользователей: владелец франшизы, партнер, продавец. Именно для последнего типа пользователей были разработаны приложения – клиенты для устройств: iOS, Android, Windows. Каждое приложение - клиент работает через технологию MVVM.

Пользователи приложения имеют различные возможности в приложении. Владелец франшизы может приглашать к сотрудничеству партнеров, высылать им товары (отправлять оформленные партнерами заказы), смотреть статистику продаж всех партнеров франшизы (как в виде графиков, так и в виде таблиц). Партнер франшизы может создавать в системе свои торговые точки и продавцов, также может оформлять заказы товара у владельца франшизы, смотреть статистику продаж своих торговых точек, а также партнер имеет все возможности продавца. Продавец может продавать товар, смотреть свою статистику продаж за любой необходимый промежуток времени как на сайте, так и в мобильном приложении.

### Подробнее о MVVM

При работе с MVVM, различные устройства (Android, iOS, Windows) взаимодействуют с одной общей моделью данных (Model), созданной с использованием MVVM. Взаимодействуют с моделью данных данные устройства при помощи общей для всех типов устройств модели представления.

### Возможности клиентского приложения Fraisys

Клиентское приложение Fraisys было реализовано специально для продавцов. Приложение – клиент дает возможность продавцам:

- Продавать товары;
- Оформлять возврат отдельных товаров или всей покупки целиком;
- Проводить инвентаризацию склада напрямую из приложения;
- Выдавать / активировать / редактировать бонусные карты франчайзинговой сети;
- Хранить неотправленные на сервер (по причине отсутствия интернет – соединения) продажи, а также проводить повторную попытку отправки продажи при подключении к интернету;
- Просматривать статистику продаж торговой точки за любой необходимый период времени;
- Просматривать личную статистику продаж продавца за любой необходимый период времени.

Разработка данного проекта велась с трех сторон: разработка серверного API – интерфейса, разработка элементов ViewModel, разработка клиентов Android, iOS, Windows.

На примере экрана «Чек» (рис. 1) можно рассмотреть подробнее механизм продажи товаров в приложении.

Первая часть экрана «Чек» содержит список продаваемых товаров, общую стоимость этих товаров, а также кнопку перехода ко второй части экрана.

Вторая часть экрана «Чек» содержит элементы, дающие возможность продавцу указать общую скидку на весь чек, а также прикрепить бонусную карту покупателя к продаже, если таковая имеется. Также вторая часть экрана содержит кнопки перехода к различным типам оплаты покупки: наличный расчет, безналичный расчет, наличный + безналичный расчет.

Третья часть экрана «Чек» зависит от выбранного типа расчета за покупку и содержит поля ввода оплаты покупки и кнопку завершения покупки.



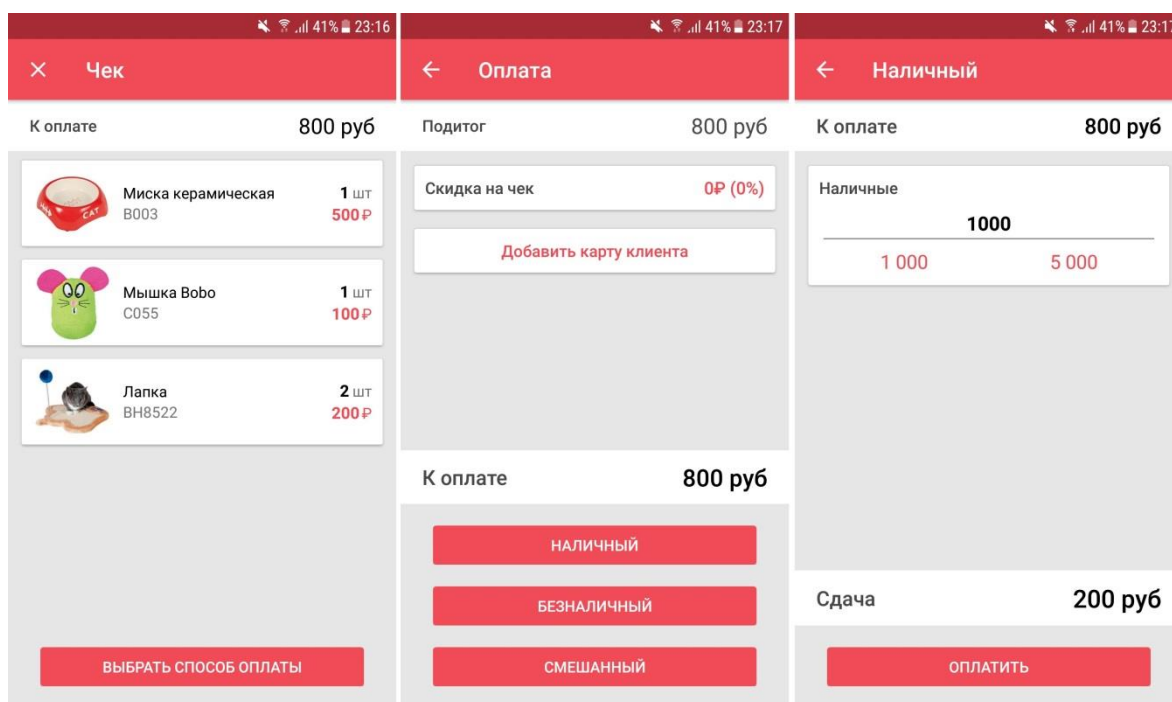


Рис. 1. Экран «Чек»

На сегодняшний день система FraisyS используется уже на более чем 230 торговых точках различных торговых сетей. Данная система позволяет экономить время как владельцев франшиз, так и партнеров и продавцов франчайзинговых сетей.

<http://codeproject.com/Articles/100175/Model-View-ViewModel-MVVM-Explained>, свободный (дата обращения: 20.05.2017).

### Заключение

В заключении хотелось бы указать такие сильные стороны системы FraisyS, как:

- просмотр статистики как торговой точки, так и продавца за любой необходимый период прямо из приложения – клиента;
- оформление всех продаж с приложения – клиента сразу регистрируется на сервере, и у владельца франшизы нет необходимости требовать от партнеров постоянной отчетности о продажах на торговых точках;
- приложение–клиент построено на технологии MVVM, что упрощает создание приложения – клиента для любой другой операционной системы, так как модель представления охватывает все возможности приложения, и необходимо лишь создать пользовательский интерфейс.

### Список использованных источников

1. Шаблоны. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/dd419663.aspx>, свободный (дата обращения: 13.05.2017).
2. MVVM Explained. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:



## КОНТРОЛЬ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НАРУЖНОГО КОЛЬЦА ПОДШИПНИКА ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО

Мискевич Т.В., Сальникова Т.В.

Заревич А.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
milena0000@mail.ru

### Введение

В данной статье рассмотрен технологический процесс изготовления наружного кольца подшипника качения, а также выявлены возможные источники брака на производстве. Проведены анализ и обобщение сводок брака за год, сформулированы выводы о качестве выпускаемой продукции и рекомендации по его повышению.

Подшипники находят применение в электротехнической, авиационной, космической и военной промышленности, а также широко используются в электробытовых изделиях. Из чего следует, что на предприятии необходимо повышать качество выпускаемой продукции, а также иметь возможность предотвращения или снижения процента брака на определенных этапах изготовления.

### Технологический процесс изготовления

Для исследования и анализа брака на контроль взят процесс изготовления наружного кольца подшипника качения. Изготовление начинается с поступления стальных прутков на территорию предприятия. Далее начинаются последовательные этапы, которые представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1. Этапы изготовления наружного кольца

№	Название операции	Ответственный цех	Приборы/станки
1	Контрольная 100%	ОТК	Стол ОТК
2	Отрезная	Инструментальный цех	Автомат отрезной круглопильный Пресс-ножницы
3	Контрольная 100%	ОГМЕТ	Стилоскоп Инстр. ТП-Ф-949
4	Первая токарная с ЧПУ	Автоматно-токарный участок	Токарный станок 16А20Ф3
5	Промывка	Химико-токарный участок	Ванны Инстр.ТП-Ф-699 Карта №4
6	Контрольная	ОТК	Стол ОТК
7	Вторая токарная с ЧПУ	Автоматно-токарный участок	Токарный станок 16А20Ф3
8	Промывка	Химико-токарный участок	Ванны Инстр.ТП-Ф-699 Карта №4
9	Контрольная	ОТК	Стол ОТК
10	Контрольная 100%	Химико-токарный	Ванны, Стол ОТК Инстр.ТП-ХО-22

№	Название операции	Ответственный цех	Приборы/станки
		участок, ОТК	
11	Промывка	Химико-токарный участок	Ванны Инстр.ТП-Ф-699 Карта №4
12	Клеймение	Автоматно-токарный участок	Пресс К 2118
13	Промывка	Химико-токарный участок	Ванны Инстр.ТП-Ф-699 Карта №4
14	Контрольная	ОТК	Стол ОТК
15	Третья токарная с ЧПУ	Автоматно-токарный участок	Токарный станок 16А20Ф3
16	Промывка	Химико-токарный участок	Ванны Инстр.ТП-Ф-699 Карта №4
17	Контрольная	ОТК	Стол ОТК
18	Центровальная	Автоматно-токарный участок	Настольно-сверлильный станок С-25
19	Сверлильная	Автоматно-токарный участок	Настольно-сверлильный станок «С-25»
20	Промывка	Химико-токарный участок	Ванны Инстр.ТП-Ф-699 Карта №4
21	Контрольная	ОТК	Стол ОТК
22	Термообработка	Термический участок	Печь «ТЦ-741» для стали ШХ15-Ш
23	Промывка	Химико-токарный участок	Ванны Инстр.ТП-Ф-699 Карта №4

Контрольная партия не прошла проверку, поскольку не соответствует требованиям ГОСТ РВ 15.002:2012 на выпускаемую продукцию. Анализируя технологический процесс изготовления наружного кольца подшипника качения и внимательно рассмотрев все этапы процесса и оборудование, есть основания предполагать, что параметр, из-за которого партия была отклонена, изготавливалась на станке «Токарный станок 16А20Ф3». Станок в силу изношенности и долгого срока эксплуатации мог стать причиной ошибки, которая не была сразу обнаружена и исправлена. Продолжая изготовление, наружное кольцо проходит первый этап проверки ОТК, и если брак замечен и является исправимым, то достаточно поднастройки станка,

и дальнейшее изготовление можно возобновить. Последующие операции закалка, ванны и так далее не являются ключевыми и сильно влияющими на качество продукции. Заключительным этапом проверки подшипника, является центральная измерительная лаборатория. Для контроля подшипника 83000 серии подбираются и настраиваются на соответствующий тип не стандартизованные средства измерения. Такие как: приборы для контроля внутреннего и наружного диаметров и разностенности колец подшипников (УД-1В-2М, УД-2В-2М-01 и УД-2В-2М, УД-0), плоскопараллельные концевые меры длины, штангенциркуль, микрометр, измерительная система Талиронд 73, оптиметры. При разработке процессов проверки для конкретного контролируемого параметра выбирают необходимые средства измерения или обосновывают необходимость проектирования новых.

### Анализ факторов определяющих качество продукции

Для измерения эффективности процесса и определения степени его соответствия установленным требованиям, необходимо применить статистические методы контроля качества (рис. 1.). Гистограмма отражает уровень брака в процентах на разных стадиях производственного процесса.

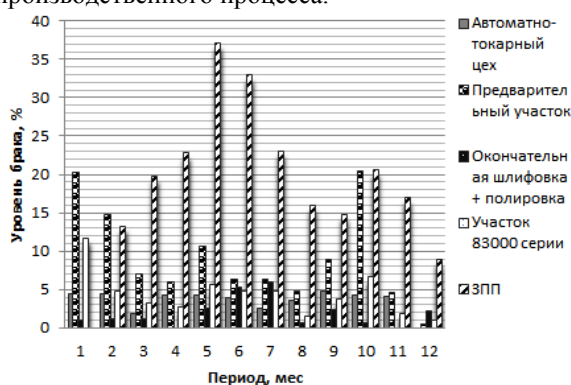


Рис. 1. График уровня брака по месяцам, %

На гистограмме процесс производства в автоматном токарном цехе по месяцам показан серым цветом (рис. 1.). Наибольший процент брака можно увидеть в сентябре. В этот период рабочие находятся в отпусках, снижается производственный уровень, контролируются наиболее важные параметры изделия, изготавливается меньше деталей.

В зимние месяцы, когда производство и заказы находятся в пиковом состоянии, самое благоприятное время для повышения качества продукции с минимальным процентом брака.

Второй стадией производственного процесса является предварительный участок. Это участок,

на котором изготовленные кольца проходят промежуточный контроль. Здесь выявляется брак на начальном уровне изготовления. Столбцы гистограммы для данного участка закрашены в черный кружочек (рис. 1.). Брак на данном участке очень высок в первом и третьем кварталах, а именно — январь, февраль, октябрь. Зимой это обусловлено возросшим износом электрооборудования, осенью — перепадами температур в связи с началом отопительного сезона.

В цехах окончательной шлифовки, участке 83000 серии и ЗПП изделие проходит наружный контроль, проверку на заусенцы, забоины, и прочие дефекты, на гистограмме процессы показаны черным цветом, белым и штрихом соответственно. На данных этапах наблюдается приблизительно одинаковая тенденция — в летний период наибольший процент брака. Причиной такого явления можно считать отпуска для рабочих, а также допуск к оборудованию и производству практикующих студентов.

### Заключение

Для обеспечения минимизации уровня брака, рекомендовано:

- расширить штат сотрудников контрольно-метрологического отдела предприятия, для своевременного обеспечения наладки и аттестации не стандартизованных средств измерений, которые участвуют в изготовлении наружного кольца подшипника;
- обеспечить предприятие новым технологическим оборудованием;
- обеспечить поэтапный доступ студентов-практикантов к производственным участкам, после прохождения практики в других участках;
- закрыть доступ практикантов к участкам военного производства;
- разработать комплекс мероприятий по обеспечению выполнения ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».

### Литература

1. Назаров, Н.Г. Современные методы и алгоритмы обработки измерений и контроля качества продукции. / Н.Г. Назаров, Е.А. Архальгенская. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2009. - 324 с.
2. Планирование качества перспективной продукции (APQP) и программа качества. - Нижний Новгород: АО НИЦ КД, 2010. - 567

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

М.А. Темирбулатов

А.Г. Мустафаев

Дагестанский государственный университет народного хозяйства  
arslan\_mustafaev@mail.ru

Солнечная энергетика является перспективным направлением возобновляемой энергетики. В настоящее время карты ресурсов солнечной энергии созданы и широко доступны для определения потенциала определенной территории в солнечной энергии. Эти карты создаются на основе спутниковых снимков и данных метеорологических станций. Однако большой масштаб карт ресурсов, находящихся в свободном доступе, различия в микроклимате и топографии не позволяют принять решение о выборе оптимального проекта солнечной электростанции. Ошибка в выборе места расположения солнечной электростанции может существенно снизить возможное количество солнечных дней в году [1, 2].

Для построения эффективных систем солнечной энергетики необходимы точные данные об солнечной освещенности поверхности земли. Традиционный способ мониторинга потока солнечной энергии заключается в размещении системы пиранометров на значительной территории и их обслуживании, что значительно увеличивает стоимость сбора данных.

По этой причине проблема разработки метода сбора информации о солнечной энергии, использующего климатические данные регистрируемые стационарными метеостанциями, является актуальной.

Целью настоящей работы является разработка нейросетевой модели прогнозирующей значение уровня солнечной энергии на основе косвенных данных метеорологических станций.

Искусственные нейронные сети – инструмент моделирования и прогнозирования, получивший широкое признание в качестве метода решения трудноформализуемых задач с независимыми параметрами. Нейронные сети обучаются на тестовых примерах, обладают высокой отказоустойчивостью в отношении зашумленных и неполных данных. Обученная нейронная сеть может быть использована для прогнозирования предметной области [3, 4].

Искусственная нейронная сеть является одним из подходов технологии создания интеллектуальных систем, основанных на имитации поведения человеческого мозга. Нейронные сети разделяются на две категории: прямого распространения (feed-forward) и обратного распространения (feedback). В feed-forward нейросетях сигнал распространяется только в одном направлении - от входов к выходам.

В feedback нейросети выходной сигнал от нейрона передается на вход другого нейрона, на том же или предыдущем уровне. Чаще всего используются сети прямого распространения, в которых нейроны делятся на группы с общим выходным сигналом – слои, при этом на каждый нейрон первого слоя подаются элементы внешнего выходного сигнала, а все выходы нейронов  $i$ -го слоя подаются на каждый нейрон слоя  $(i+1)$ .

Многослойный персептрон обладает высокой степенью связности, реализуемой посредством синаптических соединений. Каждый нейрон сети имеет гладкую нелинейную функцию активации. Многослойные нелинейные нейронные сети позволяют формировать более сложные связи между входами и выходами, чем однослойные линейные.



Рис. Этапы разработки искусственной нейронной сети.

Метеорологические данные о погодных условиях были получены с использованием технологии «Аисори» из единого государственного фонда данных ВНИИ гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ-МЦД) [5]. Были учтены следующие географические и метеорологические параметры широта, долгота и высота над уровнем моря точки

наблюдения, длительность светового дня, температура, относительная влажность, солнечная освещённость. Данные с семи метеостанций использовались для обучения нейронной сети (обучающая выборка), данные четырех метеостанций для тестирования (тестовая выборка), данные четырех метеостанций для проверки разработанной модели (валидационная выборка).

Разработка нейронной сети требует выполнения нескольких этапов (рис.).

Подготовка данных заключается в их нормализации и дополнении отсутствующих данных (усреднением пограничных данных).

На этапе обучения нейронная сеть восстанавливает целевую функцию по множеству наборов обучающей выборки, т.е. решает задачу интерполяции. На этапе использования обученной нейронной сети (получении прогноза) она будет использовать восстановленную зависимость для получения прогнозируемой величины, т.е. решать задачу экстраполяции. Для корректного решения задачи экстраполяции как задачи интерполяции необходимо обеспечить стационарность временного ряда признаков, распределение значений ряда должно быть инвариантно относительно момента времени, для которого оно построено.

Для решения поставленной задачи была выбрана модель многослойного персептрона, имеющего три слоя: семь нейронов в первом слое, пять нейронов в скрытом слое и один нейрон в выходном слое.

Установлено [6], что хорошие показатели обобщения достигаются, когда количество обучающих примеров в несколько раз превышает количество весов сети.

Обучение сети производилось методом обратного распространения ошибки, общая схема которого описывается следующим образом:

1. Инициализировать синаптические веса нейронов маленькими случайными значениями;
2. Выбрать очередной обучающий вектор из обучающей выборки и подать его на вход сети;
3. Вычислить результат на выходе нейронной сети;
4. Определить разность между текущим выходом сети и требуемым выходом (целевым значением);
5. Скорректировать синаптические веса нейронной сети для минимизации ошибки;
6. Повторять шаги с 2 по 5 для каждого вектора обучающей выборки до тех пор, пока ошибка на всем множестве не достигнет приемлемого уровня.

После того как нейронная сеть была обучена, она была использована для прогнозирования уровня солнечной энергии на основе валидационной выборки.

Сравнение результатов прогноза уровня

солнечной энергии данного искусственной нейронной сетью с актуальными значениями показывают хорошую корреляцию. Это подтверждает возможность использования искусственных нейронных сетей для моделирования и прогнозирования в регионах где отсутствуют данные об уровне солнечной энергии, но есть иные данные метеорологических станций.

#### Список использованных источников

1. Измерение солнечного излучения в солнечной энергетике. [Электронный ресурс] <http://www.kippzonen.com/Download/672/Solar-Energy-Guide-Russian> (дата обращения: 13.02.2017).
2. Мустафаев А.Г. Нейросетевая модель прогнозирования уровня солнечной энергии для задач альтернативной энергетики// Программные системы и вычислительные методы. – 2016. – № 2. – С. 150 - 157. DOI: 10.7256/2305-6061.2016.2.18314
3. Темирбулатов М. А., Мустафаев А. Г. Использование нейросетевых технологий в прогнозировании осложнений при сахарном диабете // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 1996–2000. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/86427.htm>.
4. Ahmed M., Ahmad F., Wasim M. Estimation of global and diffuse solar radiation for Hyderabad, Sindh, Pakistan, Journal of Basic and Applied Sciences, 2009, Vol. 5, No. 2, pp. 73-77.
5. Научно-прикладной справочник «Климат России». [Электронный ресурс] <http://aisori.meteo.ru/ClspR> (дата обращения: 14.02.2017).
6. Галушкин А. Нейронные сети. Основы теории. Горячая Линия – Телеком, 2012. - 496 с.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

М.А. Темирбулатов

А.Г. Мустафаев

Дагестанский государственный университет народного хозяйства  
arslan\_mustafaev@mail.ru

В последнее время большое внимание уделяется информационному обеспечению медицинской деятельности. Это становится одним из движущих факторов развития медицинской науки, что обуславливает актуальность разработки и внедрения различных информационных, аналитических и прогнозирующих систем. Вместе с тем не менее уровень проникновения информационных технологий в медицину по-прежнему остается одним из самых низких.

Необходимо понимать, что акцент постепенно смещается с решения задач по информатизации административных управленческих структур на реализацию проектов информатизации медицинской деятельности. Приоритеты меняются в сторону таких направлений, как автоматизация рабочего места врача, создание единой электронной медицинской карты, распространение интеллектуальных систем поддержки принятия врачебных решений, применение и широкое распространение новейших медицинских технологий, развитие телемедицины.

Современные медицинские организации производят и накапливают огромные объемы данных. От того, насколько эффективно эта информация используется врачами, руководителями, управляющими органами, зависит качество медицинской помощи, общий уровень жизни населения, уровень развития страны в целом и каждого ее территориального субъекта в частности.

Первые серьезные попытки поиска и изучения неявных алгоритмов, позволяющих автоматически накапливать и затем использовать опыт при обучении создания нейронных сетей были сделаны У. Маккалоком и У. Питтсом. Их идеи были блестяще развиты Ф. Розенблаттом, который сформулировал принципы нейродинамики [1].

Использование нейронных сетей в медицине, в основном, связано с системами для диагностики заболеваний.

Нейронные сети представляют собой нелинейные системы, позволяющие гораздо лучше классифицировать данные, чем обычно используемые линейные методы. В приложении к медицинской диагностике они дают возможность значительно повысить специфичность метода, не снижая его чувствительности. Отличительное свойство нейронных сетей состоит в том, что они не программируются - не используют никаких правил вывода для постановки диагноза, а обучаются делать это на примерах.



Рис. 1. Длительность действия различных препаратов инсулина

Сахарный диабет - это метаболическое заболевание, вызванное абсолютным дефицитом секреции инсулина и характеризующееся неспособностью организма поддерживать уровень глюкозы в крови в интервале 4- 5 ммоль/л. Всемирная организация здравоохранения приводит следующие данные о диабете [2]: число людей с диабетом возросло со 108 миллионов в 1980 году до 422 миллионов в 2014 году; глобальная распространенность диабета среди людей старше 18 лет возросла с 4,7% в 1980 г. до 8,5% в 2014 году. Основным путем поддержания уровня глюкозы, для предотвращения опасных осложнений, является введение в кровь пациента искусственных инсулинов.

Контроль концентрации глюкозы в крови является первоочередной задачей, направленной на предупреждение осложнений, связанных с последствиями сахарного диабета. Практически все методы контроля концентрации глюкозы в крови являются инвазивными требующими забора крови (в основном, прокол пальца).

Подбор дозы инсулина является сложной задачей, с которой могут справиться далеко не все пациенты. Для решения этой задачи применяются системы постоянного мониторинга уровня глюкозы [3]. Многие устройства постоянного мониторинга глюкозы имеют возможность подавать сигналы тревоги, срабатывающие, когда уровни глюкозы в крови больного диабетом выходят из определенного интервала.

Известно, что введенный пациенту инсулин начинает оказывать влияние на уровень глюкозы в крови не ранее чем через 20 минут с момента введения (рис. 1) [4, 5], поэтому сработавший сигнал о текущем критическом уровне (низком или высоком) глюкозы в крови не оставляет больному достаточного ресурса времени для исправления ситуации, что может привести к осложнениям, вплоть до летального исхода.

В данной работе предложена модель



прогнозирования уровня глюкозы в крови, позволяющая заблаговременно предупреждать о критическом уровне сахара, чтобы пациент мог принять все необходимые меры для недопущения кризиса [6]. Совместное применение прогнозирующей системы и устройства постоянного мониторинга уровня глюкозы позволяет создать систему автоматического управления уровнем глюкозы в крови пациента [7].

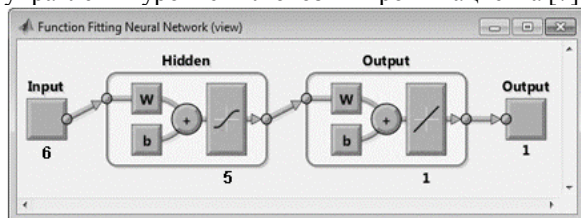


Рис. 2. Структура нейронной сети в MATLAB

В результате трёхдневного наблюдения над пациентом были получены данные об уровне глюкозы, регистрируемые с интервалом 5 мин. в течение каждого суток. Перед обучением нейронной сети имеющиеся данные были разделены на обучающую (60% данных, 518 значений), контрольную (20% данных, 173 значения) и тестовую (20% данных, 173 значения) выборки.

Для моделирования и решения задачи прогнозирования использовалась нейронная сеть (рис.2), архитектурное решение которой реализовано в виде трехслойного персептрона [8].

Входной слой, нейронной сети, имеет шесть нейронов, выходной слой имеет один нейрон. На вход нейронной сети подаются значения уровня глюкозы в крови за последние шесть измерений ( $t$ ,  $t-5$  мин,  $t-10$  мин,  $t-15$  мин,  $t-20$  мин,  $t-25$  мин). Выходом искусственной нейронной сети является прогнозируемое среднесрочное значение (60 мин) уровня глюкозы в крови больного диабетом.

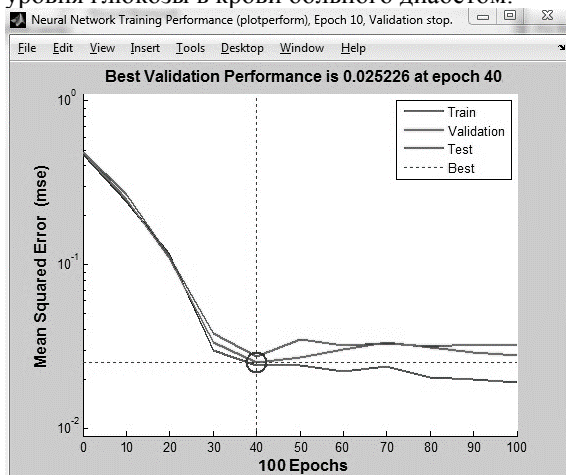


Рис. 3. График обучения нейронной сети.

Результаты исследования эффективности показывают, что нейронные сети прямого распространения могут обеспечить удовлетворительное качество прогноза уровня глюкозы в крови на рассмотренном интервале прогнозирования. Среднеквадратичная ошибка

прогноза в условиях исследования не превышала 0,35 ммоль/л (рис. 3).

В работе проверена эффективность использования обученной нейронной сети прямого распространения для прогнозирования значений уровня глюкозы в крови. Разработанная модель позволила выявить 92% случаев гипогликемии и 76% случаев гипергликемии при интервале прогнозирования 60 минут. Прогнозирующий горизонт величиной 60 минут, в большинстве случаев, является достаточным для того чтобы пациент мог предпринять действия для недопущения гипогликемии или гипергликемии.

#### Список использованных источников

1. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики. Перцептроны и теория механизмов мозга. Под ред. С.М. Осовца М: Мир; 1965.
2. Электронный ресурс: Сайт Всемирной организации здравоохранения. Глобальный доклад по диабету. URL: <http://www.who.int/diabetes/global-report/ru/> (дата обращения 10.05.2017)
3. Pappada S.M., Cameron B.D., Rosman P.M. Development of a Neural Network for Prediction of Glucose Concentration in Type 1 Diabetes Patients. Journal of Diabetes Science and Technology, 2008, №2(5), pp.792-801.
4. Эндокринология. Национальное руководство. Краткое издание. Под ред. Дедова И.И., Мельниченко Г.А. ГЭОТАР-Медиа, 2016, с.752.
5. Электронные ресурс: URL: <http://www.tudiabetes.org/forum/t/lantus-vs-humulin-n/11277> (дата обращения 20.05.2017)
6. Мустафаев А.Г. Применение искусственных нейронных сетей для ранней диагностики заболевания сахарным диабетом // Кибернетика и программирование. — 2016. - № 2. - С.1-7. DOI: 10.7256/2306-4196.2016.2.17904. URL: [http://e-notabene.ru/kp/article\\_17904.html](http://e-notabene.ru/kp/article_17904.html)
7. Темирбулатов М.А., Мустафаев А.Г. Использование нейросетевых технологий в прогнозировании осложнений при сахарном диабете // Научно-методический электронный журнал «Концепт». — 2016. — Т. 11. — С. 1996–2000. — URL: <http://e-koncept.ru/2016/86427.htm>.
8. Мустафаев А.Г. Нейросетевая модель прогнозирования уровня глюкозы в крови у больных сахарным диабетом // Кибернетика и программирование. — 2016. - № 3. - С.1-5. DOI: 10.7256/2306-4196.2016.3.18010. URL: [http://e-notabene.ru/kp/article\\_18010.html](http://e-notabene.ru/kp/article_18010.html)

## **SIMULATION BASED COMPARATIVE ANALYSIS OF MANET ROUTING PROTOCOLS USING MULTIPLE TRAFFIC TYPES**

S. M. Umair Arif, Arysheva G.V.

Scientific supervisor: Ph.D. in engineering science Arysheva G.V.

Tomsk Polytechnic University,

[umairarif88@gmail.com](mailto:umairarif88@gmail.com)

**Abstract** — Ad hoc networks are self-configuring self-healing, self-managing and self-forming networks. If two or more parties want to communicate with each other within radio range there is no need of any centralized node like conventional client server architecture. In ad hoc network each node has two roles at the same time, host and router. Nodes can communicate with each other if they are directly in range either other nodes help to communicate by forwarding packet from source to destination. Wireless routing is much difficult as compared to wired. Error correction and detection, channel access, hidden and exposed terminal problem, limited bandwidth, fading, mobility of nodes, weather problems etc. all things are big challenges in wireless routing. This paper is on behavioral analysis of ad hoc network routing protocols on different metrics by using OPNET Modeler Educational version. The metrics used are throughput, delay, load etc. while using different traffic types e.g. Video, Email, HTTP, FTP etc. Results showed that OLSR worked the best under the created scenarios.

### **I. INTRODUCTION**

Ad hoc network is also one of the types of wireless communication. In ad hoc network nodes can communicate with each other if they are within the radio range without any pre configuring settings like GSM and WIMAX systems. Nodes can easily join and leave such network without any issues (if security is not implemented). Main problem in the ad hoc network is routing because of highly dynamic changes in topology. Nodes would be leaving and joining network continuously, topology and routing decisions are changing continuously due to mobility of nodes. Some protocols are scalable and some are not. Routing protocols [1] should be loop free. If there are loops present in the path from source to destination, packets will never reach to destination and will keep traversing in the network. Routing protocols should be energy efficient and should save the battery life span for network life. Routing protocols should save the redundant paths every time due to dynamic changes in topology and broken paths.

### **II. ROUTING IN MANETS**

Routing protocols have different types according to their functionality and working mechanisms. Some routing protocols are reactive and some are proactive. In proactive routing tables are maintained by flooding in whole networks and receives all information of network then routing starts. Start of these kinds of routing protocols are slow because in start routes are calculated and then stored in network table then nodes

share route tables in network. In reactive routing paths are computed only when needed to minimize the number of transmissions.

Some routing protocols send periodic updates all over the time. In event driven routing protocols update is only received when new event occurs. In hierarchical routing hierarchy it is created from top to bottom. These types of protocols are designed for dense networks in which numbers of nodes are high. In centralized routing only central node has information about all paths of the network and also has topology information. It is good for security point of view but it is not robust. In distributed system all nodes calculate paths and each node has information of whole network. In single path routing, single path is used for routing; no multiple paths are available for emergency. If a path is lost then path finding process starts. In multiple paths routing, multiple paths are used for routing, if one path is broken accidentally alternative paths are ready for routing.

### **III. RELATED WORK**

Gagangeet et al [2] performed comparative analysis of AODV, DSR, GRP, OLSR and TORA by varying number of nodes with ftp and http applications over MANETs using OPNET simulator. Results showed that OLSR exhibited highest throughput over http and ftp traffic. Parul et al [3] performed simulation based analysis of conventional routing protocols (AODV, DSR AND DSDV) and conventional traffic (CBR) by varying nodes using Mat-lab simulator. After simulation he found that AODV is the best protocol under the circumstances. Gagangeet et al [4] again performed simulation based comparative analysis of TORA, OLSR and GRP protocols and used OPNET for the traffic of Email and Video conferencing applications. Results showed that under varying number of nodes with same area and simulation time, OLSR showed the highest throughput with the lowest delay. Hossein et al [5] performed a survey of MANET routing protocols in large-scale and ordinary networks for constant bit rate traffic by varying nodes, varying simulation area and varying simulation time. OLSR overall performance was found better than other routing protocols. Deepinder et al [6] performed comparison of Single and Multipath Routing Protocols (AODV, AOMDV, DSDV) by varying number of nodes. AOMDV performed better because Packet Delivery Ratio was higher than others. Throughput of AODV was higher as compared to others. Kaur et al [7] performed comparison of AODV, OLSR, TORA, OSPFv3 using Opnet simulator with default settings. Throughput of AODV was higher as compared to

others while OSPFv3 was better than TORA. Subramanya et al [8] used Qualnet built in protocols AODV, DSR, LAR, OLSR, ZRP. Results showed that throughput of AODV was higher than other because of CBR traffic. ZRP, LAR and OLSR required much more time in starting for route establishment.

#### IV. RESULTS & DISCUSSION

OPNET MODLER is used for simulation to measure performance of ad hoc network routing protocols on different metrics (Table 1). One scenario is created in which 150 nodes are used in simulation; simulation area is 1km×1km and random way mobility model is used for mobility. Heavy load of ftp, http, Email, Database, Video conferencing and Print traffic are used in the network. All result graphs showed average values.

Table 1. Simulation parameters

Simulation Parameter	Values
Simulation time	10 minutes
Simulation Area	1km×1km
Routing protocols	AODV, DSR, GRP, OLSR
Number of Nodes	150
Data rate	54mpbs
Lan physical characteristics	OFDM 802.11a
Buffer size	256000bits
Mobility model	Random way point with 5m/s velocity
Application name	FTP, HTTP (heavy browsing), Email, Data Bases, Print (images), Video Conferencing (high video quality)

Throughput: after finishing simulation, by using ftp, http, database, print and email traffic we can see that OLSR shows the highest throughput from rest protocols and GRP shows the lowest throughput even lower than DSR.

Delay: it shows entire delay of this simulation on various traffics mentioned above. DSR shows the highest value of delay 18.9 seconds and AODV shows the second highest value of delay 8.18 seconds. OLSR and GRP show the lowest values of delay.

Media Access delay: DSR protocols show the highest value of media access delay about 20 seconds and AODV shows the 2<sup>nd</sup> highest value 9.8 seconds. OLSR and GRP has the lowest value of media access delay.

Network load: AODV shows the highest value of in this simulation 2825.31, in starting GRP also shows the second highest value of network load but this load is not consistent after a time thus it shows the lowest value. OLSR shows the 3<sup>rd</sup> highest value of network load 8025.62.

To sum it up (Table 2), OLSR outperformed all others routing protocols having maximum throughput and the lowest overall delay. AODV is the second best protocol under these circumstances having the second

highest throughput but much lower than that of OLSR. DSR has the lowest network load but its throughput is minimum than rest of the protocols.

Table 2. Results of simulation

Metrics	AODV	DSR	GRP	OLSR
Throughput	282523 17.31	140407 75.307	127138 06.67	802548 09.62
Network Load	239996 2.507	149817 8.64	227761 3.333	166463 5.077
Media Access Delay	9.8055 59336	20.568 76424	0.0010 91405	5.2640 7E-05
Delay	8.1811 54206	18.901 6956	0.0010 79829	8.9904 3E-05

#### REFERENCES

1. Mrinal Kanti Debbarma, Santanu Kumar Sen and Sudipta Roy, "Dvr based manet routing protocol taxonomy", Int. Journal of Computer Science & Engineering Survey, Vol.3, No.5, October 2012.
2. Gagangeet Singh Aujla, Sandeep Singh Kang, "Comparative analysis of AODV, DSR, GRP, OLSR and TORA by varying number of nodes with FTP and HTTP applications over MANETs", proceeding Int. J. Comp. Tech. Appl., Vol.65– No.2, March 2013.
3. Parul Sharma, Arvind Kalia, Jawahar Thakur. "Performance analysis of AODV, DSR and DSDV routing protocols in mobile Ad hoc networks (MANET)". In Journal of Information Systems and Communication, Vol.3, Issue 1, 2012.
4. Gagangeet Singh Aujla, Sandeep Singh Kang, "Simulation Based Comparative Analysis of TORA, OLSR AND GRP routing protocol for EMAIL and VIDEO CONFERENCING application Over Mnets", Int. Journal of Computer Networking, Wireless and Mobile Communications, Vol.3, Issue 1, Mar 2013.
5. H. Ashtiani, Hamed M. Pour, M. Nikpour. "A survey of MANET routing protocols in large scale and ordinary Networks". Global Journal of Computer Science and Technology, Vol.10, Issue 13, October 2010.
6. Er. Deepinder Singh Wadhwa, Er. Tripatjot Singh Panag, "Performance comparison of single and multipath routing protocols in Ad hoc networks", Int. J. Comp. Tech. Appl., Vol.2(5), October 2011.
7. Hardeep Kaur, Amandeep Verma, "Comparison of AODV, OLSR, TORA and OSPFv3 at terrestrial level", Int. Journal of Engineering Research & Technology, Vol.1, Issue 8, October 2012.
8. Subramanya Bhat.M, Shwetha. D, Devaraju. J.T. "A performance study of proactive, reactive and hybrid routing protocols using qualnet simulator", International Journal of Computer Applications, Vol.28– No.5, August 2011.

## SIMULATION BASED NETWORK CONVERGENCE ACTIVITY ANALYSIS OF DYNAMIC ROUTING PROTOCOLS OSPF & RIP BY USING DS3 LINES

S. M. Umair Arif, Arysheva G.V.

Scientific supervisor: Ph.D. in engineering science Arysheva G.V.

Tomsk Polytechnic University,

[umairarif88@gmail.com](mailto:umairarif88@gmail.com)

### Introduction

With the increasing of internet demands, high definition resolution images with high frame rate and quality of sound for achieving best quality of experience QoE for user experience with Quality of services QoS over internet is big challenge for Internet service providers to manage their networks. Importance of selection of best Routing protocols and Network design is back bone of every network whether it's ISDN, Optical Fiber, Satellite, GSM, ADHOC, Wired or Wireless network. Every Network has their own routing protocols for managing network, IP schemes and their routing tables. Routing tables are necessary for every routing for digital network for transmitting/receiving data on right place with delivery report with other characteristic like throughput of network, end to end delay, Media access delay, efficiency, number of hops, network load and how much it is fast in convergence if change in routing e.g. node down congestion load balancing shortest path selection and other factors for delivering message, it is the same like we are using navigation system for excursion on the Earth. There are three main types of network routing protocols Reactive, Proactive and Hybrid [1]. In this paper famous Interior Gateway routing protocols like Routing Information Protocol (RIP), Open Shortest Path First (OSPF), are used compared for testing the route convergence performance [2]. In all over the world all ISP's are connected with other ISP's to make a big worldwide network. Every router connected with other site router and redundant paths are back bone of all networks for 99.99% uptime. ISP's must have to provide 99.99% uptime to provide best quality of service to their customers. Some customers are business customers that cannot afford route down problem. If any route is down due to congestion or because of router interface down problem, routing protocols rapidly start recalculating the shortest path again according to their algorithms. In computer networks for communication the first routing protocol maintains routing tables to communicate between nodes by sharing their routing tables [3, 4], some nodes can be directly connected and some nodes can be connected with some distance. Every routing protocol has their own pros and cons according to their routing algorithms. OSPF & ISIS routing protocols are link state routing protocols using for Interior gateway routings. RIP & EIGRP are distance vector routing protocols also using for Interior gateway routing.

RIP routing protocol uses Bellman ford algorithm for route calculation with 120 administrative distance.

OSPF routing protocol uses Dijkstra algorithm for path calculation with administrative distance 110. EIGRP protocol uses DUAL algorithm for path calculation with administrative distance 90. IS-IS protocol uses Dijkstra algorithm for path calculation with administrative distance 190. This administrative distance term is used in routers for managing routing protocols. We can configure more than one routing protocols on routers with different administrative distances, directly connected node has the lowest administrative distance and then dynamic protocols have their default administrative distances [5] according to their RFC's.

### Performance Metrics

Network Convergence Activity: this activity regarding path recalculating if there is change in routes due to route or interface down problem.

Network Convergence Time (Sec): the length of the time intervals during which converged was of the networks IP forwarding tables has been achieved.

### Experimental Setup & Result Analysis

In this paper, purposed network has been simulated by using OPNET simulator tool and the route convergence performance of the network has been analyzed in real world scenarios. This simulation is divided in 3 scenarios, every scenario has different route fail and up time to calculate route convergence time of routing protocols. In simulation in order to make robust network design there are 5 different routes to reach Router2 from Router1. All routers are connected with each other in mesh topology with Point to Point DS3 and DS1 lines. Scenarios route fails and uptime information are provided in Table1, Table2 and Table3, respectively.

Components for the network simulation are Cisco 7200 series Router and 2 PC's with Video Conference traffic.

Table 1. Components of network

Component of network	Specifications
Router	Cisco 7200 series
Links b/w Routers	PP DS1 and DS 3
Routing Protocols	RIP & OSPF

Table 2. Simulation information

Simulation Tool	OPNET 14.5
Simulation Area	Real World Scenario
Simulation Time	15 Minutes



Simulation Kernel	Hybrid
-------------------	--------

Table3. Profile configuration parameters

Attribute	Value
Profile Configuration	Profile config.
Profile Name	Video Conferencing (high video quality)
Operation Mode	Serial (ordered)
Start Time	Uniform(100,110)
Duration	End of simulation
Repeatability	Once a start time

Table 4. Route down & uptime in seconds

Route Status	1 <sup>st</sup> Scenario Time(Sec)	2 <sup>nd</sup> Scenario Time(Sec)	3 <sup>rd</sup> Scenario Time(Sec)
Fail	240	240	30
Recover	420	480	60
Fail	520	720	90
Recover	580	960	120
Fail	610	1200	150
Recover	620	1440	180
Fail	625	-	210
Recover	626	-	240
Fail	726	-	270
Recover	826	-	300
Fail	-	-	330
Recover	-	-	360

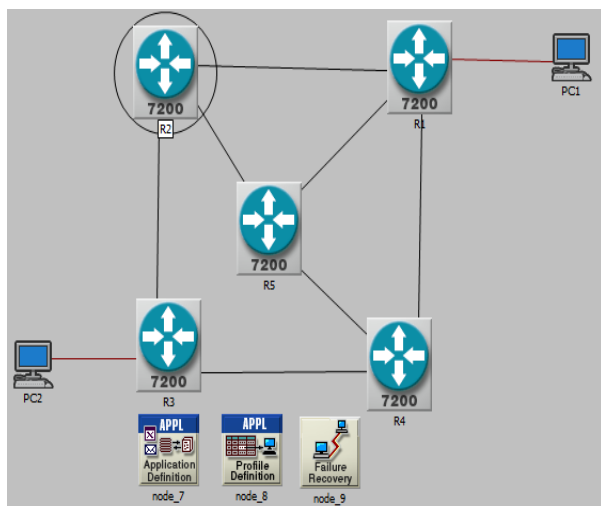


Figure 1. Simulation environment

## Results

In the first scenario RIP protocol has less Network Convergence Activity as compared to OSPF protocol but OSPF protocol has less Average Network

Convergence Duration (sec) as compared to RIP Protocol.

In the 2<sup>nd</sup> Scenario RIP protocol has less Network Convergence Activity as compared to OSPF protocol but OSPF protocol has less Average Network Convergence Duration (sec) as compared to RIP.

In the 3<sup>rd</sup> Scenario OSPF routing protocol has less Network Convergence Activity as compared to RIP but RIP protocol has less Average Convergence Duration (sec) as compared to OSPF protocol.

Table 5.Results.

IP Network Convergence Activity	IP Network Convergence Duration (sec)	Protocol	Scenario
0.03761	5.752	OSPF	1 <sup>st</sup>
0.01983	4.308	OSPF	2 <sup>nd</sup>
0.16428	8.666	OSPF	3 <sup>rd</sup>
4.310	0.02857	RIP	1 <sup>st</sup>
0.01079	2.5125	RIP	2 <sup>nd</sup>
0.02589	0.7046	RIP	3 <sup>rd</sup>

Thus, this simulation shows that the small network RIP protocol shows fast convergence as compared to OSPF although OSPF protocol is much advance protocol than RIP but it is not good approach to use OSPF for small network.

## References

1. P. Kalamani, M. Venkatesh Kumar, M. Chithambarathanu, Reji Thomas, "Comparison of RIP, EIGRP, OSPF, IGRP Routing Protocols in Wireless Local Area Network (WLAN) by using OPNET Simulator tool - A Practical Approach", IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE), e-ISSN: 2278-0661, p-ISSN: 2278-8727, Volume 16, Issue 4, Ver. VI (Jul – Aug. 2014), PP 57-64.
2. Guang Yang, "Introduction to TCP/IP Network Attacks" white paper available at [seclab.cs.sunysb.edu/sekar/papers/netattacks.pdf](http://seclab.cs.sunysb.edu/sekar/papers/netattacks.pdf).
3. Rajesh. R, Lakshmanan. M and Noor Mohammed "Implementation of Networked Control Systems using TCP/IP", *International Journal of Computer Applications* 18(2):1-5, March 2011.
4. Bernard Fortz, Jennifer Rexford and Mikkell Thorup., "Traffic Engineering With Traditional IP Routing Protocols." *IEEE Communications Magazine*. October 2002, pp. 118-124.
5. Mr. R. M. Pethe, Miss S. R .Burnase TECHNICAL ERA LANGUAGE OF THE NETWORKING – EIGRP. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) NCICT Special Issue* Feb 2011.



## РАСЧЁТ КОНТАКТНЫХ НАГРУЗОК ПРИ ТОЧЕНИИ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Козлов В. Н., Чжан Ц., Го И.

Научный руководитель: Козлов В. Н., к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
e-mail: kozlov-viktor@bk.ru

**Ключевые слова:** контактные нагрузки, износ инструмента, прочность режущего инструмента, внутренние напряжения.

**Keywords:** contact loads, tool wear, cutting tool strength.

При обработке титановых сплавов и труднообрабатываемых материалов часто происходит выкрашивание главной режущей кромки и скол режущей пластины [1]. Для расчёта на прочность режущих пластин недостаточно знать величину составляющих силы резания – необходима информация о распределении контактных нагрузок (напряжений) на передней и задней поверхностях инструмента [2].

Обработка титановых и труднообрабатываемых материалов сопровождается интенсивным износом по задней поверхности, что приводит к появлению фаски длиной  $h_f$ . Задний угол этой фаски обычно равен нулю ( $\alpha_h=0^\circ$ ), но при  $h_f>2$  мм он может быть и отрицательным ( $\alpha_h\sim-3^\circ$ ).

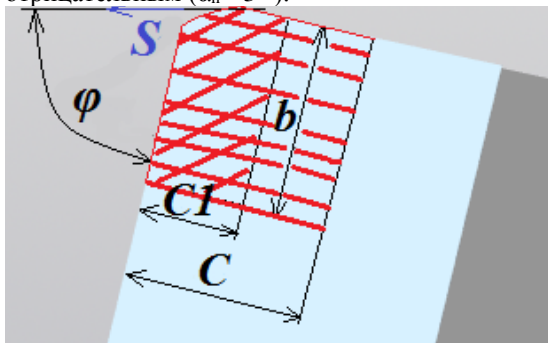


Рис. 1. Схема измерения длины контакта стружки с передней поверхностью резца

Для изучения распределения контактных напряжений используется метод разрезного резца [3]. Он очень трудоёмкий, требует использования жёсткого специального четырёхкомпонентного динамометра, а при обработке труднообрабатываемых материалов часто происходит выкрашивание и поломка режущих пластин, что вызывает необходимость повторения всей серии экспериментов.

Для уменьшения трудоёмкости получения исходных данных для расчёта на прочность режущего инструмента были проанализированы экспериментально полученные распределения контактных нагрузок (напряжений) [2] и проведено обобщение результатов.

Длина контакта стружки с передней поверхностью измеряется после проведения экспериментов (резания) на большом инструментальном микроскопе или с помощью лупы Бринеля. Предварительно передняя поверхность инструмента подготавливается для более точного измерения длины контакта.

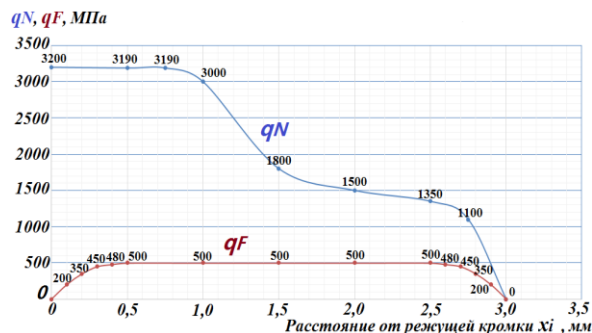


Рис. 2. Распределение нормальных  $q_N$  и касательных  $q_F$  удельных контактных нагрузок на передней поверхности резца при обработке стали 40X.  $v=2$  м/с,  $s=0,34$  мм/об,  $\gamma=0^\circ$ ,  $t=2$  мм,  $h_f=0,9$  мм

Сначала тампоном, смоченным медным купоросом, производится меднение передней поверхности инструмента, после чего инструмент сушится. На его поверхности образуется тончайшее красноватое покрытие. После резания измеряется длина стёртого участка (длина контакта стружки с передней поверхностью С) (рис. 1), измеряется также длина налипшего на переднюю поверхность обрабатываемого материала – длина

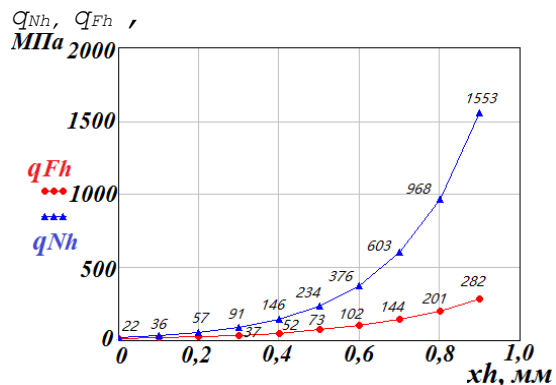


Рис. 3. Распределение нормальных  $q_{Nh}$  (▲) и касательных  $q_{Fh}$  (●) удельных контактных нагрузок на фаске задней поверхности резца при обработке стали 40X, образующую сливную стружку.  $v=2$  м/с,  $s=0,34$  мм/об,  $\gamma=0^\circ$ ,  $t=2$  мм,  $h_f=0,9$  мм

пластического контакта стружки с передней поверхностью  $C_1$ . При обработке стали и других достаточно пластичных материалов  $C \approx (4-7) \cdot a$ , где  $a$  – толщина среза. При прямоугольном свободном резании  $a = s$ , при косоугольном резании  $a = s \cdot \sin \phi$ . При обработке материалов, образующих элементную стружку,  $C \approx (2-3) \cdot a$ , при образовании элементной стружки  $C_1 \approx (0,1-0,3) \cdot C$ .

При обработке пластичных металлов и сплавов длина пластического контакта стружки с передней поверхностью резца  $C_1 \approx (0,4-0,6)$ .

Составляющие силы резания измеряются динамометром или рассчитываются для остро заточенного (не изношенного) резца по формуле

$$P_z(x, y) = 10 \cdot C_{Pz}(x, y) \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_v, \text{ (Н)} \quad (1)$$

где  $C_{Pz}(x, y)$  – коэффициент соответствующей составляющей силы резания ( $P_z$ ,  $P_x$  или  $P_y$ ), зависящий от обрабатываемого материала и вида обработки;  $t$  – глубина резания (мм);  $s$  – подача (мм/об);  $v$  – скорость резания (м/мин);  $K_v$  – коэффициент, учитывающий прочность обрабатываемого материала, основные геометрические параметры резца и т.п.

Расчёт по формуле (1) даёт существенную погрешность, поэтому предпочтительнее измерять составляющие силы резания, а затем по этим экспериментальным значениям рассчитывать удельные составляющие силы резания  $q_{Pz}(x, y) = P_z(x, y)/(s \cdot t)$ , (Н/мм<sup>2</sup>), которые необходимо учитывать при расчёте сил резания при небольшом изменении глубины резания  $t$  во время экспериментов, чтобы  $t = \text{const}$ . Удельные нормальные ( $q_N, q_{Nh}$ ) и касательные ( $q_F, q_{Fh}$ ) контактные нагрузки рассчитываются как отношение приращения нормальной ( $N, N_h$ ) или касательной ( $F, F_h$ ) силы к площади приращённого участка длиной  $\Delta x_i$  ( $\Delta x_{hi}$ ) и шириной  $b$  (рис. 1) [3].

При обработке не изношенным по задней поверхности резцом силами на задней поверхности пренебрегают, особенно при обработке материалов, образующих сливную стружку в связи с прогибом поверхности среза [4]. При обработке изношенным по задней поверхности резцом необходимо выделить составляющие силы, действующие на фаске задней поверхности резца. Лучше всего это делать методом экстраполяции на нулевую фаску износа.

Приращение сил резания только за счёт увеличения длины фаски износа по задней поверхности  $h_f$  при постоянном режиме резания позволяет рассчитать контактные нагрузки на искусственной фаске по задней поверхности, заточенной с задним углом  $\alpha_h = 0^\circ$ .

При допущении, что характер распределения контактных нагрузок на искусственной фаске не зависит от её длины, можно определить распределение нормальных  $\sigma_h$  и касательных  $\tau_h$  контактных напряжений на фаске задней поверхности при сливном (рис. 3) и элементном (рис. 4) стружкообразовании.

Небольшая величина нормальных контактных напряжений на фаске задней поверхности  $\sigma_h$  у режущей кромки и их увеличение при удалении от режущей кромки при обработке стали, образующую сливную стружку (рис. 3), подтверждает гипотезу о наличии прогиба поверхности среза [4].

Большая величина нормальных контактных напряжений на фаске задней поверхности  $\sigma_{h \max} = 3400-2200$  МПа режущей кромки при обработке титанового сплава ВТ3-1 (рис. 4), образующего элементную стружку, подтверждает гипотезу о восстановлении прогиба поверхности среза при отделении

сформировавшегося элемента стружки [1, 4], что сказывается на прочности режущего клина [5, 6].

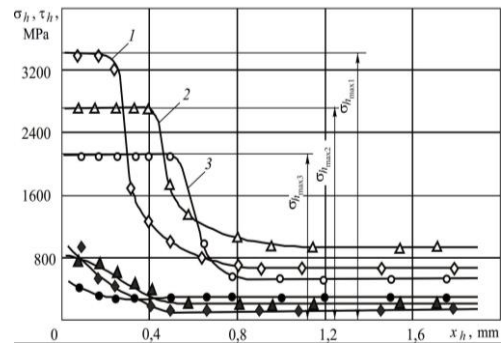


Рис. 4. Распределение нормальных  $\sigma_h$  ( $\diamond$ ,  $\Delta$ ,  $\circ$ ) и касательных  $\tau_h$  ( $\diamond$ ,  $\Delta$ ,  $\bullet$ ) контактных напряжений на фаске задней поверхности резца при обработке титанового сплава ВТ3-1, образующего элементную стружку.  $v=60$  м/с,  $s=0,41$  мм/об,  $\gamma=0^\circ$ . ВТ3-1 - ВК8,  $\gamma=0^\circ$ ,  $\alpha_h=0^\circ$ ,  $\alpha=10^\circ$ ,  $v=1$  м/с:  $\diamond, \bullet - s=0,41$  мм/об;  $\Delta, \Delta - s=0,21$  мм/об;  $\circ, \bullet - s=0,11$  мм/об

#### Список использованных источников

1. Afonarov A. and Lasukov A. Elementary Chip Formation in Metal Cutting // Russian Engineering Research, 2014, v. 3, pp. 152-155.
2. Чжан Ц., Козлов В.Н. Влияние вида нагружения на расчёт внутренних напряжений в режущем клине // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 8: в 2 ч. Ч. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 352-356.
3. Kozlov V., Zhang J., Cui J., Bogolyubova M. Split Cutter Method for Contact Stresses Research over Flank Surface of a Cutter // Key Engineering Materials. Trans Tech Publications, Switzerland. – 2017. v. 743, pp. 258-263.
4. Kozlov V.N. Flank Contact Load Distribution at Cutting Tool Wear // Proceedings 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012, v. 2, pp. 147-151.
5. Proskokov A.V. and Petrushin S.I. Chip Formation with a Developed Plastic-Deformation Zone // Proceedings 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012, v. 2, pp 173-177.
6. Артамонов Е. В., Помигалова Т. У., Утешев М. Х. Исследование напряжений, деформаций и прочности сменных режущих пластин методом конечных элементов / Е. В. Артамонов, Помигалова Т. У., Утешев М. Х. / под общей ред. М.Х. Утешева. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. – 147 с.

## ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Фоменко А.В., Перемитина Т.О., Ященко И.Г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт химии нефти сибирского  
отделения Российской академии наук  
[pto@ipc.tsc.ru](mailto:pto@ipc.tsc.ru)

### Введение

Современное обеспечение актуальной, оперативной и статистической информацией об экологическом состоянии окружающей среды создает основу для принятия важных решений в процессе контроля ее состояния. В настоящее время увеличивается доля добычи трудноизвлекаемой нефти, что усиливает негативное воздействие нефтегазового комплекса на природную среду. Согласно данным [1] Томская область обладает утвержденными запасами нефти 633,87 млн т, газа – 333,1 млрд м<sup>3</sup>, лесные земли составляют 68,2 % от общей площади и болота занимают 32 % от площади области. В связи с перечисленными особенностями исследуемой территории для получения оперативной оценки состояния растительного покрова нефтедобывающих территорий недостаточно применения только наземных данных о состоянии биосферы. Использование данных спутникового дистанционного зондирования Земли (ДДЗ), позволяет обеспечить практически непрерывный мониторинг атмосферы, земной и водной поверхностей, что, несомненно, является актуальной задачей.

Целью настоящей работы является рассмотрение примеров практического применения методики количественной оценки состояния растительного покрова исследуемых территорий. Предложенная методика основана на использовании данных спутниковых наблюдений

MODIS, LANDSAT и ГИС-технологий для оперативного мониторинга состояния окружающей среды нефтедобывающих территорий.

### Оценка состояния растительного покрова

ДДЗ позволяют оперативно отслеживать изменения состояния и структуры растительного покрова. Известно [2], что для оценки состояния растительного покрова с применением ДДЗ вычисляют различные индексы вегетации. Вегетационный индекс – показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. В представленной работе применяется нормализованный разностный индекс растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Анализ значений индекса NDVI позволяет выявить проблемные зоны с угнетенной растительностью на нарушенных или загрязненных территориях. При помощи статистической обработки ретроспективных данных о значениях индекса NDVI помимо определения зон с угнетенной растительностью можно дополнительно определять изменения объемов фитомассы на исследуемой территории [2-3].

Применение разработанной методики (рис. 1), основанной на расчете вегетационного индекса NDVI, позволило провести количественную оценку воздействия различных факторов на

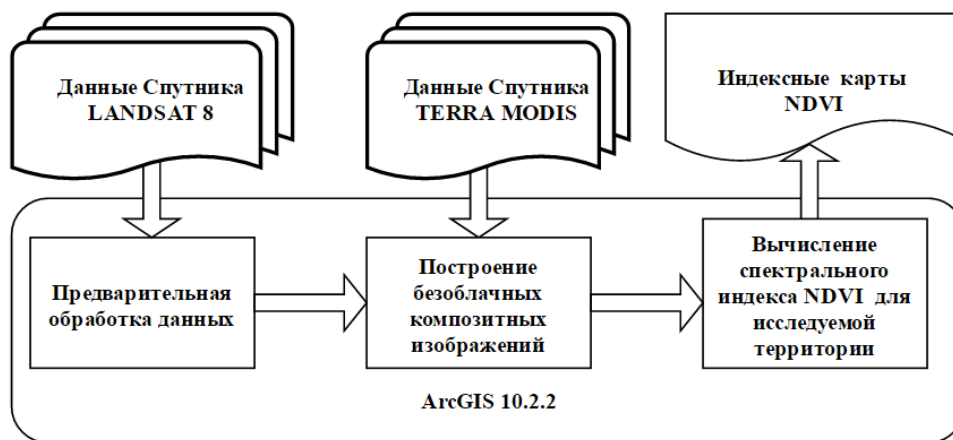


Рис 1. Методика количественной оценки состояния растительного покрова исследуемых территорий на основе спутниковых снимков

растительность нефтегазодобывающих территорий [4].

В данной работе рассмотрим два примера применения данной методики диагностики состояния и восстановления природных экосистем на объектах нефтегазового комплекса Западной Сибири и прилегающих территориях. В качестве первого примера расчеты проводились для территории месторождений Томской области – Первомайское, Ломовое, Оленье, Катыльгинское, Лонтыняхское, Васюганской группы месторождений и месторождений Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) - Усть-Балыкское, Приобское, Самотлорское. В качестве фонового выбран участок территории Юганского заповедника ХМАО. Для оценки состояния растительного покрова использован тематический продукт TERRA MODIS – MOD13Q1 16-Day Vegetation Indices с разрешением 250 м, содержащие значения нормализованного вегетационного индекса, усреднённого за 16 дней [5]. Установлено, что на фоновом участке наблюдается стабильное значение индекса NDVI, что подтверждает правильность выбора фонового участка. Аналогичный статичный характер изменения индекса выявлен и для территории Усть-Балыкского месторождения. На Самотлорском месторождении значения индекса увеличиваются, что говорит об улучшении состояния растительности за рассматриваемый период 2000-2014 гг. Незначительное снижение значений индекса отмечается для Васюганской группы месторождений.

Во втором примере расчеты проводились для территории месторождений Томской области – Мыльджинское, Лугинецкое, Крапивинское и Урманское. В качестве фонового участка взята территория Государственного природного заказника областного значения «Оглатский» Томской области. Как и в первом примере, для оценки состояния растительного покрова использованы тематические продукты TERRA MODIS – MOD13Q1 16-Day Vegetation Indices с разрешением 250 м, содержащие значения индекса NDVI, усреднённого за 16 дней [5]. Для анализа изменения вегетационного индекса были взяты снимки за 6-летний период с 2010 г. по 2015 г. для 161 дня с датами съемки с 10 июня по 26 июня каждого года. Средствами геоинформационной системы ArcGis для территорий четырех месторождений и территории Оглатского заказника по тематическому продукту MOD13Q1 рассчитаны значения NDVI за период с 2010 по 2015 г. Установлено, что на территории фонового участка заказника «Оглатский» наблюдается максимальное значение индекса NDVI, что также подтверждает правильность выбора фонового участка. Стоит отметить, что для всех исследуемых территорий тенденция изменения значений индекса однотипны – высокие значения в 2011 и

2015 годах, минимальные значения – в 2010 и 2013 годах, за исключением территории Мыльджинского месторождения. Самое минимальное значение индекса NDVI = 0,669 вычислено для растительности на территории Мыльджинского газоконденсатного месторождения в 2013 году.

#### **Заключение**

Полученные результаты показывают, что территория Мыльджинского месторождения требует более детального изучения с помощью космических снимков наиболее высокого пространственного разрешения для выявления факторов, вызвавших падение индекса в 2013 году. В целом, для территорий всех исследуемых месторождений, наблюдается возрастание индекса с 2014 года, что свидетельствует о хорошем (неугнетенном) состоянии растительности и улучшении экологической обстановки. Из приведенных примеров можно заключить, что применение спутниковых данных и ГИС-технологий позволило проанализировать состояние растительного покрова труднодоступных нефтедобывающих территорий Западной Сибири, что оказывает значительную помощь в своевременной оценке экологической ситуации и принятии решений в устранении и профилактики загрязнения окружающей среды.

#### **Список использованных источников**

1. Экологический мониторинг: Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области / Глав. Ред. А.М. Адам; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». Томск: Дельтоплан, 2014. 194 с.
2. Вегетационные индексы. [Электронный ресурс]: основы, формулы, практическое использование. – Режим доступа: [http://mapexpert.com.ua/index\\_ru.php?id=20&table=news](http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=20&table=news).
3. Козодеров В.В., Кондранин Т.В. Методы оценки почвенно-растительного покрова по данным оптических систем дистанционного аэрокосмического зондирования Учебное пособие. — М.: МФТИ, 2008. — 222 с.
4. Перемитина Т.О., Яценко И.Г. Комплексный подход к оценке влияния антропогенных и природных факторов на окружающую среду нефтегазодобывающих территорий // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 06. С. 544-547.
5. Официальный сайт радиометра MODIS [Электронный ресурс]: описание системы TERRA и сканера MODIS. Режим доступа: <http://modis.gsfc.nasa.gov>.



## **РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ЗАЩИТЕ ТЕРРИТОРИЙ ОТ РАЗЛИВОВ НЕФТИ, НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗЛИВОВ ПРИ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЯХ НА ОБЪЕКТАХ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

Айсматуллин И.Р., Слепнёв В.Н., Шестаков Р.Ю.

Научный руководитель - С.А. Половков

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть»),  
SlepnevVN@niitnn.transneft.ru

### **Введение**

При оценке риска аварии с разливом нефти и нефтепродуктов (далее – ННП), в части прогнозирования развития аварии, важное место занимает определение основных характеристик разлива ННП для определения зон действия поражающих факторов и дальнейшего планирования и разработки мероприятий по локализации и ликвидации разливов. В практике российских компаний, относящихся к топливно-энергетическому комплексу и имеющих в обращении такие опасные вещества как ННП, распространение разлива условно принимается в форме круга. Однако подобный подход не учитывает многих факторов, оказывающих влияние на разлив ННП, носит весьма условный характер и зачастую приводит к неверному прогнозированию распространения ННП, ошибочному определению зон повышенного риска, и, как следствие, увеличению ущерба от возможной аварии. Подобных недостатков лишен подход с использованием компьютерного моделирования.

### **Применение компьютерного моделирования для прогнозирования развития аварий, связанных с разливом ННП.**

В докладе представлены результаты исследований по вопросам применения компьютерного моделирования разливов ННП при возможных авариях на объектах трубопроводного транспорта с целью определения площади разлива и соответственно зон воздействия поражающих факторов аварии и разработки предложений по защите территорий и персонала от разлива.

Согласно нормам законодательства Российской Федерации в области промышленной безопасности, в частности федеральному закону №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» на опасных производственных объектах (далее - ОПО) должны быть запланированы и при необходимости осуществлены мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий. Планирование подобных мероприятий должно происходить на основе разработки и анализа возможных сценариев возникновения и развития аварий.

На ОПО, на которых обращаются такие опасные вещества, как ННП, к которым и

относятся объекты трубопроводного транспорта, важным при проведении процедуры оценки риска является определение параметров разлива ННП. К таким параметрам можно отнести площадь разлива, места наибольшего скопления, направления распространения. Эти характеристики оказывают влияние на ход развития аварии, величину ущерба.

К примеру, площадь разлива ННП определяет объём и интенсивность испарения углеводородов с поверхности пятна разлива. Чем больше площадь, тем больше вероятность образования взрывоопасных концентраций легких фракций ННП в составе газовой смеси. Это, в свою очередь, приводит к увеличению зон действия поражающих факторов, что необходимо принимать во внимание при разработке мероприятий по защите объектов и по обеспечению безопасности персонала и территорий. Зонами приоритетной защиты можно считать:

- а) на территории промышленной площадки:
  - административные здания, цеха и пр. здания с большим количеством постоянных рабочих мест;
  - пожарные депо, объекты системы пожаротушения, склады со средствами ликвидации аварии, пути эвакуации персонала при аварии и другие объекты, связанные с обеспечением локализации и ликвидации аварии;
- б) за территорией промышленной площадки - территория жилой застройки, места массового отдыха населения, соседние ОПО, водные объекты, особо охраняемые природные территории и пр.

Промышленные площадки, как правило, спланированы, их территория представляет собой относительно ровную поверхность. Но стоит отметить, что при разливе, в особенности при значительных объёмах, область распространения ННП не будет выглядеть как идеальный круг. На форму разлива и направление распространения ННП будут оказывать влияние даже небольшие неровности рельефа. Наиболее ярко выраженным это влияние будет для объектов, расположенных в горной местности, где присутствуют значительные перепады высот по территории, которые способствуют быстрому распространению разлива и ускоренному вовлечению в зону аварии новых площадей.



Всё вышеизложенное позволяет сделать вывод о значимости и актуальности определения площади распространения разлива ННП с достаточной точностью с учётом рельефа местности.

Данную задачу возможно решить только с применением специализированных программных средств, способных на основе цифровой модели местности проводить моделирование разлива ННП. Большое значение при этом имеет возможность моделирования разлива при различных условиях окружающей среды и участии в аварии различных видов ННП.

На рисунке 1 приведена иллюстрация результатов моделирования разлива ННП на 3D модели местности промышленного объекта – нефтебазы (группы резервуаров, технологические трубопроводы). Рисунок 1 показывает возможности моделирования разлива ННП для наиболее опасных сценариев аварий.

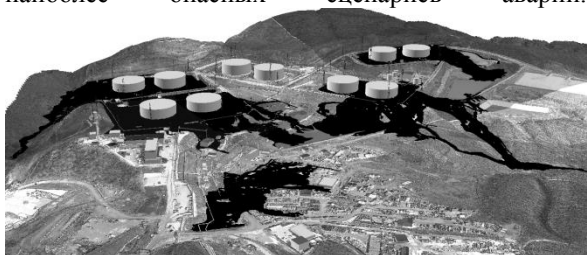


Рис. 1. Пример разлива ННП на территории нефтебазы

Помимо прогнозирования основных параметров возможной аварии моделирование разлива имеет и другое практическое применение. На основе подобных ситуационных моделей можно разрабатывать предложения защитных сооружений и мероприятий, снижающих вероятность эскалации аварии и повышающих защищенность объектов приоритетной защиты. Моделирование позволяет провести первичную проверку эффективности таких инженерных защитных сооружений как заградительные стенки, обвалования, отводящие желоба, перехватывающие емкости. Подобные исследования были проведены для разработки защитных сооружений арктического нефтепровода «Заполярье – Пурпе» [1,2].

Компьютерное моделирование позволяет более точно спрогнозировать характеристики разлива ННП, в отличие от классической упрощенной схемы представления разлива в виде круга. Учёт рельефа, характеристик ННП, условий окружающей среды позволяют более определённо устанавливать необходимые места размещения защитных сооружений, что позволяет в

перспективе снизить затраты на их установку в связи с более тщательным определением потенциальных последствий и уменьшением количества объектов приоритетной защиты, которым может быть нанесён ущерб в ходе развития аварии. Пример предложений защитных сооружений, сделанных на основе моделирования, представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Пример проверки эффективности предложенных на основе моделирования защитных сооружений.

#### Заключение

Подводя итог, следует отметить следующее. Применение моделирования разливов ННП при возможных авариях позволяет:

- повысить точность прогнозирования развития аварии с разливом ННП, с учетом рельефа местности, для эксплуатируемых и проектируемых объектов;
- обосновывать предложения по оснащению территории защитными сооружениями от разлива ННП.

#### Список использованных источников

1. Половков С.А., Гончар А.Э., Максименко А.Ф., Слепнёв В.Н. Оценка риска возникновения повреждений трубопроводов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации. Моделирование разлива и определение возможного объёма нефти с учётом рельефа местности// Территория Нефтегаз. - 2016. - №12. - С. 88-93.
2. Половков С.А., Шестаков Р.Ю., Айсматуллин И.Р., Слепнёв В.Н. Системный подход при разработке мероприятий по предупреждению и локализации последствий аварий на нефтепроводах в Арктической зоне РФ// Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. - №1(28) – С. 20-28.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Одинцева А.В.

Научный руководитель: Хабибулина Н.Ю., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: odintseva\_nastya@mail.ru

Актуальность данной работы заключается в развитии информационной системы для логистического центра. Логистические центры – это довольно широкое понятие, которое включает в себя склады на производстве, контейнерные терминалы и многое другое [1]. В настоящее время большинство логистических операций осуществляется в логистических центрах. Существует два вида логистических центров:

1) региональный логистический центр – это крупные, хорошо оснащенные предприятия, которые предназначены для оказания услуг другим предприятиям [1]. Так как они имеют широкий спектр услуг, то такие логистические центры имеют большое число различных подразделений, предназначенных для оказания услуг.

2) логистический центр компании – структура такого центра зависит от профиля и размера компании [1]. На небольших предприятиях это маленькая группа специалистов и два компьютера, а на крупных предприятиях это подразделение имеет большое количество сотрудников, технику с выходом в Интернет.

Предприятие должно только либо производить, либо потреблять грузы, товары или услуги. Вся “забота” о том, как с наименьшими потерями и в кратчайшие сроки доставить грузы от поставщика к потребителю ложится на специализированные организации — логистические центры.

Сравнив и проанализировав два рисунка легко прийти к выводу, что связи между объектами, выражающиеся в виде потоков документов, на последнем рисунке упрощаются и централизуются. Взаимодействие идет, в основном, через логистический центр. Централизация услуг в логистике как раз и ведет к сокращению затрат у фирм, участников торговли.

Отличительные черты логистического центра:

- наличие интермодального авто терминала;
- интерфейс, средство взаимодействия, стыковки местного транспорта и перевозок на дальние расстояния;
- синергетический эффект от взаимодействия компаний, работающих в логистическом центре.

### Обзор программных продуктов для логистических центров

Информационные системы обеспечивают подготовку, ввод, хранение, обработку, контроль и передачу данных. Степень автоматизации очень высока. Информационные системы бывают

реализованы как сеть взаимосвязанных вычислительных машин разной величины и абонентских пунктов. Их подсистемы выполняют функции на различных уровнях управления. Информацию все более высокого уровня получают сжатием данных из детальной базы более низких уровней. Детальные данные передаются на более высокий уровень только в случае значительных отклонений от требуемого или ожидаемого состояния.

В ходе информационного процесса, протекающего в логистической системе, реализуются следующие функции [2]:

- сбор информации в местах ее возникновения;
- анализ информации и ее преобразование;
- накопление информации и ее хранение;
- транспортировка информации;
- фильтрация потока информации, т.е. отбор необходимых, для того или иного уровня управления данных и документов;
- объединение и разделение информационных потоков;
- выполнение элементарно-информационных преобразований;
- управление информационным потоком.

Информационные логистические системы должны обеспечивать всестороннюю интеграцию всех элементов управления материальным потоком, их оперативное и надежное взаимодействие. В связи с этим к информационным системам в логистике предъявляются следующие требования [2]:

- актуальность информации;
- обеспечение информационной потребности руководителей;
- необходимость и достаточность информации;
- обеспечение информационной связи между подразделениями;
- обязательность передачи информации.

Создание информационных логистических систем основано на следующих принципах:

- система должна быть построена таким образом, чтобы передача информации, ее переработка, хранение и использование учитывали потребности всех подразделений предприятия.
- информационная система должна обеспечить необходимые взаимосвязи предприятия с поставщиками, клиентами и всеми пунктами отправок, промежуточного складирования и потребления.

обмен информации между уровнями логистической системы должен быть минимальным, но обеспечивать потребность управления.

- при построении системы должен учитываться принцип аппаратных и программных моделей.

- важным требованием является упрощение и стандартизация используемой в системе документации.

В настоящее время существует достаточное большое количество аналогов - программных продуктов, для управления логистическими центрами. Например, в [3] представлены:

- “PSIwms” – это гибкая и производительная система, позволяющая комплексно автоматизировать процессы на складе;

- “Умная логистика” – данный сервис разработан для оперативной работы логистических центров;

- “BasketCargo” – программа, которая умеет управлять процессом логистических компаний.

- “1С: Управление производственным предприятием 8” - является комплексным прикладным решением, охватывающим основные контуры управления и учета на производственном предприятии.

Проанализировав все функции, требования и принципы работы логистических центров, птицефабрика выбрала программное обеспечение 1С – Предприятие. Данная конфигурация позволяет осуществлять учет ГСМ, контроль за регламентными работами, контролировать наличие, движение и актуальность документов. Кроме того, оно может быть адаптировано к специфике технологических и организационных требований любого склада. Несмотря на относительно невысокую, по сравнению с конкурентами, стоимость «1С – Предприятие» поможет решить целый комплекс задач современного склада. Непрерывное развитие функционала и совершенствование системы позволяет говорить о ней как о качественном продукте, чья реальная ценность заметно выше цены.

#### **Основные бизнес-процессы логистического центра птицефабрики**

Рассматриваемая в данной работе птицефабрика – один из ведущих производителей мяса цыплят-бройлеров в Западной Сибири. Они выпускают высококачественную продукцию из куриного мяса, удовлетворяющую требованиям потребителей, партнеров и других заинтересованных лиц.

Процесс доставки продукции в логистический центр на птицефабрике можно представить следующим образом.

После упаковки и маркировки вся охлажденная и замороженная продукция отправляется в

современный логистический центр, способный вместить одновременно до 650 тонн продукции.

В логистическом центре продукция хранится в холодильных камерах с определенной температурой: 0 +20° С для охлажденной продукции и -180° С для замороженной. Необходимая температура хранения автоматически поддерживается системой контроля температуры в камерах.

После обработки заявок на поставку продукции в логистическом центре формируют партии продукции на отгрузку. Три десятка автомашин с холодильными установками ежедневно отправляются в фирменные торговые точки и сети Томска и соседних регионов, чтобы потребители могли приобрести, свежую продукцию птицефабрики.

#### **Заключение**

Разрабатываемая информационная система для логистического центра птицефабрики будет иметь полный функционал действий по управлению складами на предприятии. Основными функциями системы будут являться обеспечение организации адресного хранения груза, автоматизация всех складских операций, интеграция с технологическими устройствами. Дополнительные модули системы управления складом позволят рассчитать стоимость услуг ответственного хранения, проводить анализ и визуализировать пространство склада. В дальнейшем система будет внедрена на птицефабрике.

#### **Список использованной литературы**

1. Логистические центры. [Электронный ресурс]. URL:<http://www.xcomp.biz/tema-9-logisticheskie-centry.html> (дата обращения: 12.04.2017).
2. Логист. [Электронный ресурс]. URL: [http://knowledge.allbest.ru/programming/2c0b65635a3ac78b5c43a88521316d27\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/programming/2c0b65635a3ac78b5c43a88521316d27_0.html) (дата обращения: 22.04.2017).
3. Программное обеспечение для логистических сетей. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.psilogistics.com/ru/resheniya/sistema-upravleniya-skladom-wms/> (дата обращения: 25.04.2017).

## РАЗРАБОТКА ДИЗАЙН-ПРОЕКТА СПОРТИВНОЙ ПИТЬЕВОЙ БУТЫЛКИ В ПРОГРАММЕ AUTODESK INVENTOR

Брызгалова А.М.

Научный руководитель – Вехтер Е.В.  
Томский политехнический университет  
amb22@tpu.ru

### Актуальность

Спорт всегда был частью жизни молодежи. Однако последние годы он находится на пике своей популярности, а студенты и подростки активно пропагандируют здоровый образ жизни и спорт в целом. Из этого следует, что сопутствующие спортивные товары также пользуются популярностью и спросом, в частности, спортивные бутылки для воды.

### Введение

В следствие популяризации здорового образа жизни, стали развиваться не только методики упражнений, но и методики правильного питания человека. Как известно, для комфортной работы организма взрослому человеку необходимо потреблять не менее 1,5 литра воды в сутки, при этом полезно пить не только простую воду, но и воду с добавлением лимонного сока, лесных ягод или даже огуречную воду. [1] Все эти добавки добавляются непосредственно в бутылку для воды. При использовании бутылки по назначению эти кусочки ягод или фруктов падают на дно перевернутой бутылки и затрудняют процесс питья или вовсе падая, брызгают в лицо потребителю.

### Цель и задачи

Проблема попадания наполнителей, кусочков ягод или фруктов из бутылки, позволило сформулировать цель исследования: **создать такой дизайн-проект бутылки, при котором фруктовое наполнение не будет затруднять процесс питья.** Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Создать технологию, по которой питье воды станет более удобным, чем предыдущие, ныне существующие технологии изготовления бутылки.
- Спроектировать дизайн бутылки эргономичным и удобным для использования и повседневной носки.
- Использовать методики и материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию бутылки.
- Разработать проектно-конструкторскую документацию проектируемого продукта в среде Autodesk Inventor.

### Разработка

Средой разработки дизайн-проекта была выбрана программа Autodesk Inventor Professional 2014 [2], так как данная программа отвечала всем

требованиям проекта и являлась отличным визуализатором будущей модели.

Для решения проблемы необходимо спроектировать некое препятствие для падения кусочков фруктов к горлу. Первоначально было предложено класть в бутылку обычное сито и закреплять его в нижней части бутылки, но в ходе эксперимента возникло понимание, что: во-первых, сито было сложно устанавливать и снимать, т.к. было невозможно достать до дна бутылки. Во вторых частицы еды, например, ягод, засоряли пазы где крепилось сито. Эта идея не решала поставленной проблемы, поэтому была отклонена [3].

После обсуждения других вариантов решения проблемы, было решено сделать бутылку, состоящую из двух частей, с двойным дном, одно дно будет на верхней части корпуса снизу с отверстиями, представляя сито, а второе разъемное, в которое и следует класть наполнение. Нижняя часть корпуса (дно) соединяется с верхней частью корпуса при помощи резьбы, а также дополнительной резиновой прокладкой для герметичности. В остальном дизайн бутылки повторял все те же функции, что и ныне существующие. Таким образом, для использования бутылки, нужно было отсоединить нижнюю часть, положить туда фрукты или ягоды, затем соединить с верхней частью корпуса и через горло бутылки налить воду. На рисунке 1 эта технология представлена наглядно.

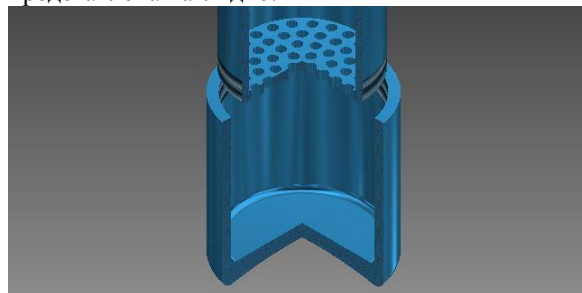


Рис. 1. Элемент соединения корпуса

После нахождения решения поставленной проблемы, следует решить задачу с дизайном бутылки.

После исследования всех существующих материалов и их свойств, материалом для изготовления данного дизайн-проекта был выбран полиэтилентерефталат или, проще говоря, пластик. Этот материал достаточно легкий, удобен в использовании и не дорогой для производства [4]. Цвет бутылки для демонстрации был выбран



синий, с металлическим напылением. По желанию его можно заменить на любой другой.

Для эргономики бутылки было решено на верхней части добавить силиконовую накладку. Накладка имеет следующую выгнутую вовнутрь форму, с двумя небольшими срезами и мелкой точечной перфорацией по всей поверхности накладки. Этот элемент также придает эстетический вид бутылке.

Сопло имеет стандартный дизайн, представляя высокое горло, удобное для питья. Крышка выполнена также из пластика, но без напыления. В центре крышки расположен цилиндр, который при соединении с соплом «затыкает» горло бутылки.

На рисунке 2 представлена итоговая взрыв-схема дизайн-проекта, а на рисунке 3 итоговый внешний вид модели.

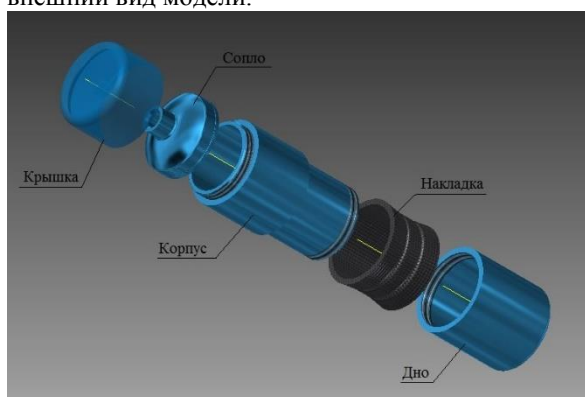


Рис. 2. Итоговая взрыв-схема дизайн-проекта

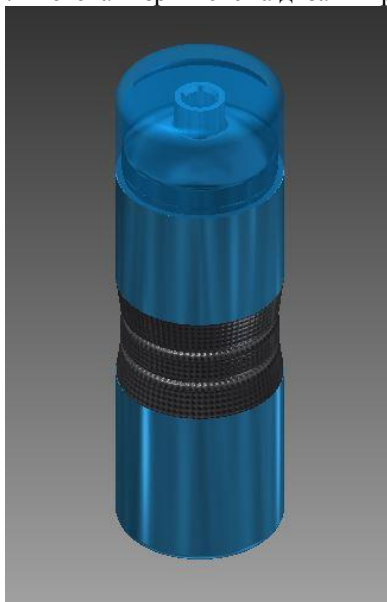


Рис. 3. Внешний вид модели

## Заключение

В результате проделанной работы представлен дизайн-проект бутылки, который решает поставленную проблему. Спроектированный дизайн бутылки эргономичный и удобный для использования и повседневной носки. Разработана визуальная модель и проектно-конструкторская документация разработанной бутылки. Данный проект имеет дальнейшие перспективы и имеет возможность коммерческой реализации. Для этого необходимо составить технологическую карту и провести экономические расчеты для подсчета себестоимости бутылки.

## Список использованных источников

1. Литвина И.И. Три пользы : о питании / И. И. Литвина. – М. : Физкультура и спорт, 1989. – 207 с.
2. Autodesk [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – 2017. – URL: <https://www.autodesk.ru/>, свободный (дата обращения: 25.08.2017).
3. Коротеева Л. И. Основы художественного конструирования : учеб. для вузов / Л. И. Коротеева, А. П. Яскин. – М. : Инфра-М, 2016. – 304 с.
4. Ульрих К. Промышленный дизайн. Создание и производство продукта: пер. с англ. / К. Ульрих, С. Эппингер. – М. : Вершина, 2007. – 448 с.



## МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ИЗДЕРЖЕК И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВОВ ТРУДОЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СРЕДСТВ КИПИА

Шин М.В.  
Савельев А.О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[marina.v.shen@gmail.com](mailto:marina.v.shen@gmail.com)

### Введение

Планирование финансовых затрат на техническое обслуживание оборудования – это управление расходами на данный вид деятельности и определение ожидаемых экономических результатов. Основной целью планирования таких затрат является минимизация стоимости планово-предупредительных работ (ППР).

Решение проблемы автоматизированного планирования финансовых затрат на техническое обслуживание (ТО) оборудования требует применения методологии для оценки формирования нормативов трудозатрат.

Такая методология должна включать не только способ расчета трудовых затрат, но и решение следующего ряда дополнительных задач:

- регулирование процесса расчета стоимости трудовых затрат для реализации планово-предупредительных работ;
- использование одного инструмента для расчета стоимости трудовых затрат и обслуживания любого типа оборудования (учитывая возможность появления нового оборудования);
- использование дополнительных инструментов для оценивания регламентированных сроков работ, нормативного количества работников и нормативной длительности каждого типа работ;
- поддержание механизма перерасчета нормативов и поправочных коэффициентов.

Решение вышеописанных задач требует развития следующих обобщенных предположений:

1. при расчете трудовых затрат берется во внимание тот факт, что длительность работы зависит от квалификации (разряда) работника;
2. в основу методологии и алгоритмов расчета трудовых затрат берутся экспертные оценки, взятые в научно-исследовательских институтах. Для повышения точности расчетов было предложено ввести поправочные коэффициенты (а также процедуру их формирования), значения которых определяются эмпирически;
3. трудозатраты на выполнение планово-предупредительных работ высчитываются составными блоками, которые основаны на базовых классификаторах работ;
4. методология спроектирована таким образом, чтобы высчитывать нормативы трудозатрат

в относительно «простых» случаях, не принимая во внимание форс-мажоры и другие усложняющие обстоятельства.

### Методология расчета трудозатрат на техническое обслуживание средств КИПиА

Несмотря на то, что сейчас есть огромное количество программных инструментов, которые идентичны в составе и различны в использовании, формирование трудовых нормативов не является тривиальной задачей.

Для повышения эффективности процесса формирования нормативов трудозатрат следует применить коэффициент усложнения, который характеризует трудность выполнения технического обслуживания оборудования.

Сложность инструментов для технического обслуживания средств КИПиА может быть измерена технической категорией сложности (ТКС). То есть, чем сложнее прибор (оборудование) и выше его главные технологические и метрологические характеристики, тем выше их ТКС.

Однако простое разделение оборудования по технической категории сложности может исказить необходимые временные нормы для различных типов оборудования, поскольку каждый тип имеет разное количество трудоемкости технического обслуживания, которое зависит от сложности установки и разборки, числа исполнительных механизмов, сложности радиоэлементной базы, дополнительной функциональности и т.д.

Для того чтобы решить эту проблему, необходимо:

1. разделить оборудование на группы, которые соответствуют его функциональному назначению (например, оборудование для передачи сигналов, датчики для измерения уровня, регистрирующие устройства и т.д.);

2. в каждой группе оборудованию и контрольно-измерительным приборам назначить категорию ТКС.

Первая категория ТКС каждой группы берется в качестве основной.

Таким образом, имеется следующее:

$$H_t^b = H_{av}^I \text{ и } K_I = 1,$$

где  $H_t^b$  – стандартное время на техническое обслуживание средств КИПиА (чел / час);

$H_{av}^I$  – среднее время на техническое обслуживание средств КИПиА первой категории сложности, которое определяется следующим образом:

$$H_{av}^I = (\sum_1^n H_{t,n}^I) / n$$

где  $n$  – количество оборудования в группе, обозначенной  $I$  категорией технической сложности;

$H_{t,n}^I$  – норма времени на техническое обслуживание  $n$ -го оборудования  $I$  категории сложности.

В соответствии с доступными стандартами, возможно рассчитать среднее значение приблизительных коэффициентов  $K_{II}$  и  $K_{III}$  для каждой группы оборудования:

$$K_{II} = H_{av}^{II} / H_{av}^I$$

$$K_{III} = H_{av}^{III} / H_{av}^I$$

где  $H_{av}^{II}$  и  $H_{av}^{III}$  – среднее время технического обслуживания средств КИПиА второй и третьей категорий сложности.

Был использован следующий алгоритм для расчета нормативов трудозатрат нового оборудования:

1. новое оборудование добавляется в созданную ранее группу в соответствии с его функциональным назначением. Если нет подходящей группы, она создается;

2. определяется техническая категория сложности для нового оборудования;

3. в зависимости от обозначенной категории сложности время на техническое обслуживание рассчитывается по следующим формулам:

$$H_t^I = H_t^b$$

$$H_t^{II} = H_t^b \times K_{II}$$

$$H_t^{III} = H_t^b \times K_{III}$$

где  $H_t^I, H_t^{II}, H_t^{III}$  – время на техническое обслуживание для первой, второй и третьей категории сложности оборудования.

Если отсутствует нормативное время  $H_t^b$  в группе, используются следующие формулы:

$$H_t^{II} = H_{av}^{II}$$

$$H_t^{III} = H_{av}^{III}$$

4. для оборудования с расширяемыми каналами для генерации входных и выходных сигналов вычисление времени на его техническое обслуживание должно происходить в зависимости от каналов, которые непосредственно используются.

Под понятием «канал для генерации входных и выходных сигналов» подразумевается технический канал связи, который обеспечивает передачу и обработку данных КИПиА.

Была использована следующая формула для вычисления времени технического обслуживания оборудования с расширяемыми каналами:

$$H_t^* = H_t + (H_t^d \times K_t^d + H_t^a \times K_t^a + H_c^d \times K_c^d + H_c^a \times K_c^a) / 60$$

где  $H_t^*$  – время технического обслуживания оборудования с расширяемыми каналами,  $H_t$  –

время технического обслуживания оборудования без расширяемых каналов,  $H_t^a$  – время для технического обслуживания одного информационного аналогового канала,  $H_t^d$  – время для технического обслуживания одного информационного дискретного канала,  $H_c^a$  – время для технического обслуживания одного аналогового канала управления,  $H_c^d$  – время для технического обслуживания одного дискретного канала управления,  $K_t^a$  – количество используемых информационных аналоговых каналов,  $K_t^d$  – количество используемых информационных дискретных каналов,  $K_c^a$  – количество используемых аналоговых каналов управления,  $K_c^d$  – количество используемых дискретных каналов управления.

### Заключение

В данной статье был представлен алгоритм деления оборудования на различные категории, также описывается метод автоматизированного формирования нормативов трудозатрат для разного типа оборудования – в соответствии с его категорией. В качестве результата данная методология расчета нормативов трудозатрат успешно используется в компании ОАО «Томскнефть».

### Список источников

1. Elbeltagi, E. Cost of Construction Labor and Equipment. *Cost Estimating*, 64-96.
2. Vliet, M. (2011). DACE Labor Productivity Norms – The New “Gulf Coast”? *AACE International Transactions* EST.517.28, 1-30.
3. Krawczyk, G. (2015). Developing a Meaningful Labor Cost Estimate. *EDUCAUSE Review*. Retrieved from <http://er.educause.edu/articles/2015/4/developing-a-meaningful-labor-cost-estimate>.
4. Бюджет расходов на техническое обслуживание и ремонт оборудования [Электронный ресурс] // <https://fd.ru: Финансовый директор. Практический журнал по управлению финансами компании, 2015. URL: https://fd.ru/articles/52153-byudjet-rashodov-na-tehnicheskoe-obslujivanie-i-remont-oborudovaniya> (дата обращения 19.09.2017).

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТОВ ПО ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДАННЫМ

Т.А.Соловьева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий  
tanyasha257@gmail.com

### Введение

На территории Российской Федерации находятся порядка 8000 особо опасных и технически сложных объектов, объектов повышенного уровня ответственности и уникальных объектов, к которым законодательство нашей страны предъявляет повышенные требования к обеспечению безопасности [1].

В настоящее время современные технологии геодезического контроля объектов позволяют обеспечить безопасность их эксплуатации, внедряя в процесс наблюдения за состоянием конструкции объекта такие технологии как радионавигационные системы GPS, ГЛОНАСС, лазерное сканирование и др.

В общем комплексе геодезические методы наблюдений за состоянием объекта являются достаточно точными и позволяют надежно осуществить контроль сооружения, выявить нежелательные деформационные процессы, происходящие в сооружении, и в комплексе с результатами других измерений принять решение по своевременному предотвращению аварийных ситуаций.

### Общий принцип функционирования системы

Для контроля уникальных объектов с быстроразвивающимися деформационными процессами устанавливают автоматизированные системы, которые позволяют своевременно предупредить и предотвратить чрезвычайные ситуации. Деформационный мониторинг ведется по определенному регламенту на протяжении всего периода строительства и эксплуатации сооружения [2].



Рис.1. Общий принцип функционирования автоматизированной системы мониторинга

Для определения ПВС и процесса изменения состояния техногенного объекта, в зависимости от структуры исследуемого объекта, а также конкретных задач, необходимо применять те или иные математические алгоритмы обработки. В каждом случае требуется индивидуальный подход [3]. В настоящее время унифицированного алгоритма обработки геопространственных данных для определения ПВС нет. Таким образом, возникает ряд проблем, например:

- 1) не достаточная частота дискретизации получения информации о состоянии объекта, т.к. выходные данные АСМ в каждый момент  $t_i$  подлежат математической и программной обработке, а это предполагает временные затраты;
- 2) отсутствие автоматизации обратной связи с объектом, т.к. в зависимости от полученных результатов обработки данных на каждый момент времени  $t_i$  требуется принятие решения, основанного на сценариях возможного развития событий. Таким образом, недостатками автоматизированных систем контроля являются: - отсутствие интеллектуальной системы принятия решения, которая предлагает выполнение ряда действий (операций), основанных на сценариях возможного развития событий; - большое влияние человеческого фактора для дальнейшего принятия решения. Универсальной программы, определения ПВС нет [4].

Для решения проблемы непрерывного определения состояний объектов по геопространственным данным в работе предлагается применение мультиагентных систем (МАС). Мультиагентные технологии более гибкие интеллектуальные программные системы, способны непрерывно приобретать новую информацию и изменять свою структуру и функции, развиваясь и адаптируясь к решаемым задачам по определению состояний объектов в зависимости от условий внешней среды.

На сегодняшний день существует множество мультиагентных систем, которые решают задачи в самых разных областях: поиск, электронная коммерция, оптимальное динамическое планирование производства и сбыта продукции, логистика, экономика, транспорт, моделирование, телекоммуникации.

Мультиагентные технологии одно из наиболее динамично развивающихся направлений в области искусственного интеллекта и представляют собой парадигму распределенных вычислений, которая основана на взаимодействии множества

интеллектуальных агентов. Основными элементами интеллектуального агента, дающими ему возможность обладать определенным уровнем восприятия, являются базы знаний в определенной сфере жизнедеятельности.

Результатом достижения глобальной цели МАС (определение пространственно-временного состояния объекта) достигается набором функций конкретного коллектива агентов и структурой связей между агентами. Концептуальная модель мультиагентной системы контроля пространственно-временного состояния объектов приведена на рис. 2 [5].

#### Описание концептуальной схемы мультиагентной системы

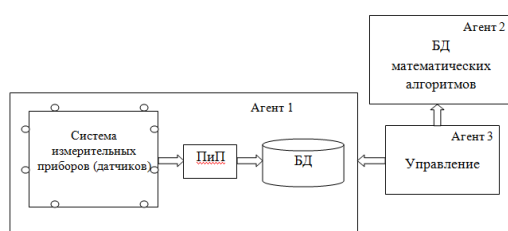


Рис. 2. Концептуальная схема мультиагентной системы (МАС)

В данном случае структурная схема концептуальной модели МАС состоит из трех агентов и функциональных связей между ними.

Агент 1 представляет собой автоматизированную систему мониторинга, изображенную на рисунке 1. Она состоит из множества контрольных устройств, установленных в теле объекта (датчиков), приемника и преобразователя сигналов, базы данных.

Агент 2 содержит базу данных математических алгоритмов для решения задач определения пространственно-временного состояния объектов, и алгоритм выбора стратегии, в основе которого лежит функция эффективности применения того или иного алгоритма.

Агент 3 принимает управленческие решения и осуществляет обратную связь с объектом. Функциями этого агента являются принятие решений о частоте дискретизации поступления данных от агента 1, декомпозиции объекта, определение его структурных частей, требующих детального рассмотрения и выявления причины изменения ПВС.

#### Заключение

В целом, мультиагентная система применима для решения проблемы непрерывного контроля

ПВС и обеспечивает следующие важные преимущества:

- работает динамично, реагируя на любые изменения ПВС, ускоряет процесс принятия решения в реальном времени;

- осуществляет подбор максимально эффективных математических алгоритмов, позволяющих определять пространственное положение объекта в целом или его структурных частей относительно неподвижной условной системы отсчета, определять виды движения объекта (поступательное и вращательное движение, относительное);

- позволяют прогнозировать «опасные» состояния для предотвращения чрезвычайной ситуации [6].

Отсюда вывод, что мультиагентные технологии являются перспективным направлением для определения пространственно-временного состояния техногенных объектов. Высокая автоматизация и интеллектуальное принятие решений позволит значительно снизить риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

#### Список использованных источников

1. Бугакова Т. Ю. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам и оценка техногенного риска методом экспоненциального сглаживания // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 1(29). – С. 34–42.
2. Яковлев Д. А. Задачи визуализации результатов мониторинга пространственно-временных состояний техногенных объектов по геопространственным данным средствами ГИС // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15-26 апреля 2013 г.). Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 183–187.
3. Бугакова Т.Ю. К вопросу оценки риска геотехнических систем по геодезическим данным // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр.: сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.)– Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. С. 151–157
4. Бугакова Т.Ю. Шаронов А.А. Применение мультиагентного подхода для определения пространственно-временного состояния техногенных систем, XII Международный Форум «Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2016» 18 апреля 2016, Новосибирск: СГУГиТ, С.189–194



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ

Ершов И.А., Аймагамбетова Р.Ж.  
Научный руководитель: Стукач О.В.  
Томский политехнический университет  
[zaragik@yandex.ru](mailto:zaragik@yandex.ru)

### Введение

Функционирование любого производства невозможно без использования средств измерений. Метрологическая прослеживаемость единиц измерения в средствах и методах измерений играет важную роль в экономике. Сейчас сформировавшаяся система передачи единицы физической величины по поверочной схеме от первичного эталона к рабочим средствам измерения перестаёт быть эффективной из-за постоянного увеличения используемых средств измерений. Возникновение данной проблемы связано, в первую очередь, с продолжительностью процесса поверки или калибровки, которую требуется проводить периодически для каждого используемого средства измерения. Таким образом, организация вынужденно недополучает прибыль за счёт отсутствия во время поверки или калибровки средства измерения на рабочем месте. Также не стоит забывать о расходах на проведение самой поверки. В случае, когда средство измерения невозможно доставить в аккредитованную на право поверки организацию, требуется оплатить доставку эталонов и выезд поверителя на место. Особенно остро это проявляется, когда средство измерения находится далеко от аккредитованной организации. В этом случае организация должна оплатить командировку поверителя, доставку эталонов, которые могут весить сотни килограмм, к примеру, эталонные гири.

Таким образом, требуется пересмотреть старую систему обеспечения единства измерений, которая практически не менялась со времен её появления. Это повысит производительность всех производств и многих организаций, а также значительно снизит временные и финансовые расходы. Цель статьи – показать способ совершенствования системы обеспечения метрологической прослеживаемости.

### Метрологическая прослеживаемость

Мало кто сегодня задумывается о том, сколько ресурсов требуется для обеспечения единства измерений. Требуется использовать множество эталонов для передачи средству измерения единицы физической величины по государственной поверочной схеме. Каждый эталон должен храниться в соответствующих условиях, что также требует расходов. На каждом этапе сличения эталонов требуется использовать дорогостоящие средства измерений. Требуется содержать штат специалистов, выполняющих сличение эталонов или поверку средств измерений. Но даже при этом у конечного потребителя нет

никакой гарантии в качестве предоставленных ему услуг.

Именно поэтому современные средства измерения должны сами связываться с эталонами по сети при помощи специальных интернет-протоколов. Соответственно, будет реализован процесс поверки или калибровки дистанционно, что сэкономит много временных и финансовых ресурсов, а также обеспечит полное доверие потребителя к полученным результатам.

### Калибровка с удалённым доступом

Впервые дистанционная калибровка была проведена ещё в 2000 году Национальным институтом стандартов и технологий (NIST) при помощи многофункционального переносного рабочего эталона для лаборатории «Sandia» [1]. Несмотря на это, применение данного метода до сих пор ограничено для любой единицы физической величины.

Ранее перспективы развития, а также алгоритм реализации калибровки с удалённым доступом были рассмотрены в работе [2]. На сегодняшний день технологический прогресс позволяет проводить дистанционную калибровку без значительных затрат на высокоточное оборудование, поскольку технические характеристики средств измерений, доступных для покупки любой организацией, значительно выросли. Для соединения с эталоном требуется использовать защищённый интернет-протокол. Упрощённая схема калибровки с удалённым доступом представлена на рис. 1.

Преимущество данного способа передачи единицы физической величины заключается в отсутствии необходимости в доставке эталона к средству измерения, а также в экономии времени поверителя. Таким образом, затраты на проведение калибровки, как временные, так и финансовые, будут сведены к минимуму.

Важно заметить, что данная система построена на основе программируемых плат. Именно они преобразуют информацию о значении физической величины при помощи аналого-цифрового преобразователя в код, который передаётся по сети. Затем, при помощи цифро-аналогового преобразователя, плата в лаборатории заказчика передаёт значение физической величины средству измерения.

На сегодняшний день существует множество компаний, производящих данные устройства любой конфигурации. Программирование данных плат, как правило, производится при помощи



стандартных языков программирования, таких как Си. При этом, производитель предоставляет все необходимые драйверы для работы с платой. Благодаря техническому прогрессу, цены на данные устройства стали доступны широкому кругу пользователей.

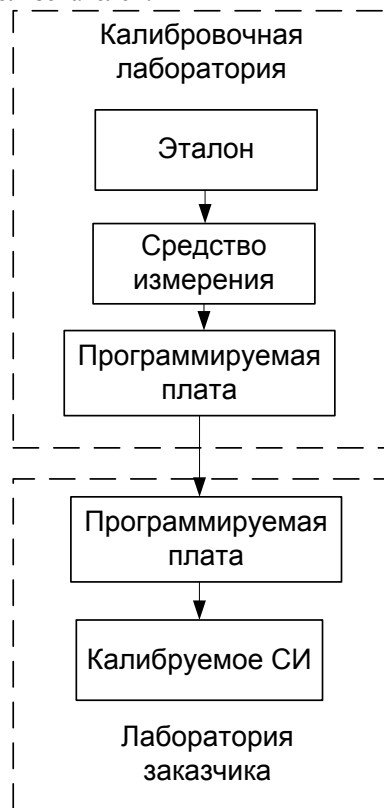


Рис.1 Схема калибровки с удалённым доступом

Естественно, действия работника в лаборатории заказчика должны проводиться при установленных в методике условиях окружающей среды. Также все действия должны выполняться при наблюдении уполномоченного лица. Для этого может быть использована обычная веб-камера.

Выгода данного способа для заказчика будет напрямую зависеть от возможности транспортировки средства измерения, а также от расстояния от средства измерения до аккредитованного органа, потому что в случае отдаления от населенных пунктов, командировка поверителя, а также доставка эталонов требует значительных затрат.

#### Вопрос защиты передаваемых данных

Стоит отметить, что поверка средств измерений – это юридическое действие, а потому необходимо обеспечить надёжную защиту передаваемых данных. Для обеспечения юридической чистоты поверки требуется прибегнуть к помощи третьей незаинтересованной стороны. Это специальный процессинговый центр, который будет фиксировать все операции для контроля действий обеих сторон.

Документ о результатах проведения калибровки будет храниться в специальной базе данных. Для идентификации поверителя также требуется использовать электронную цифровую подпись [3].

Выбору архитектуры базы данных и системе защиты требуется уделить особое внимание. В первую очередь, она должна обеспечивать невозможность изменения полученных ранее результатов поверки или калибровки. Также требуется обеспечить доступ к конечным данным всем желающим для проверки информации о каком-либо средстве измерения. Это обеспечит полную прозрачность действий аккредитованных организаций и уверенность потребителей в достоверности результатов калибровки и поверки.

#### Заключение

Использование калибровки с удалённым доступом способно кардинально изменить представление об обеспечении метрологической прослеживаемости и необходимых для этого операциях. Фактически сейчас формируется новый экономический рынок, который будет востребован за счёт значительного уменьшения временных и финансовых затрат на транспортировку средств измерений и эталонов. К тому же появится возможность проведения калибровки в лаборатории заказчика без присутствия уполномоченного лица. Даже не смотря на первичные затраты на введение данной системы, в перспективе они обеспечат экономию средств, покрывающую данные расходы.

#### Список использованных источников

1. Baca L. B., Duda L., Walker R., Oldham N., Parker M. Internet-Based Calibration of a Multifunction Calibrator // National Conference of Standards Laboratories, April 2000, Toronto, Ontario, Canada. – p. 10.
2. Ершов И.А. Архитектура системы дистанционной калибровки как часть концепции Internet of Measurements (IoM) / И.А. Ершов, О.В. Стукач // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сб. трудов III Всерос. научно-практ. конф., 24-25 ноября 2016, г. Юрга. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – С. 140-142. – <http://elibrary.ru/item.asp?id=28159635>
3. Информационные системы и технологии: монография / О.И. Бабина, Н.Ю. Дюмин, Л.Ю. Исмаилова, Д.В. Кутузов и др. – Красноярск: Науч.-инноват. центр, 2011. – 156 с. – ISBN 978-5-904771-17-1. – <http://elibrary.ru/item.asp?id=19456475>

## ВЫБОР СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ДОРНОВАНИЯ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЗАГОТОВКАХ

Волков С. Ю., Арляпов А. Ю.  
Томский политехнический университет  
syv3@tpu.ru

### Введение

Дорнование является эффективным методом обработки отверстий в различных деталях [1, 3, 4]. Процесс дорнования позволяет увеличить точность отверстий, обеспечивает сглаживание микронеровностей и упрочнение поверхностного слоя.

Процесс различают по направлению хода рабочего инструмента и пространственному положению заготовки на дорнование с рабочим ходом инструмента сверху вниз, снизу вверх и с расположением заготовки горизонтально.

Схема базирования при дорновании сверху вниз является самой распространенной, но имеет ограничения по допустимой длине заготовок.

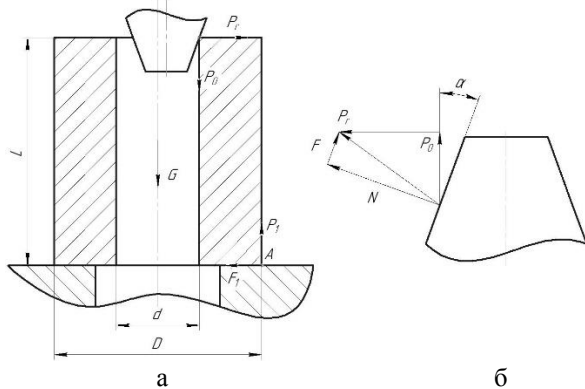


Рис. 1. Базирование вертикально расположенной заготовки при рабочем ходе инструмента сверху вниз (а) и схема сил на его рабочем конусе (б)

Для нахождения условия опрокидывания данной схемы запишем уравнения равновесия плоской системы сил, действующих на заготовку (рис. 1, а) [2]:

$$P_r = F_1; \quad (1)$$

$$P_1 = G + P_0, \quad (2)$$

где  $G$  - вес заготовки,  $P_0$  - осевая сила,  $P_r$  - радиальная сила.

Из схемы сил (рис. 1, б), действующих со стороны рабочего конуса инструмента на заготовку, имеем:

$$P_r = \frac{\cos \alpha - f \sin \alpha}{\sin \alpha + f \cos \alpha} \cdot P_0, \quad (3)$$

где  $\alpha$  - половина угла рабочего конуса инструмента,  $f$  - коэффициент трения в контакте заготовка – инструмент.

Сила трения заготовки об опору составит:

$$F_1 = P_1 f = (G + P_0) f. \quad (4)$$

Обозначая

$$\frac{\cos \alpha - f \sin \alpha}{\sin \alpha + f \cos \alpha} = K, \quad (5)$$

из уравнения равновесия получим:

$$P_0 = \frac{Gf}{K - f}; \quad (6)$$

$$P_r = \frac{GfK}{K - f}. \quad (7)$$

Запишем уравнения моментов сил относительно точки А:

$$G \frac{D}{2} + P_0 \frac{(D - d)}{2} - P_r L = 0. \quad (8)$$

Условие опрокидываемости заготовки в процессе базирования находится из уравнения моментов и примет вид:

$$L \leq \frac{D - d}{2K} + \frac{D(K - f)}{2fK}; \quad (9)$$

Для заготовки с наружным диаметром 20 мм допустимая длина при такой схеме составляет  $L = 50$  мм. Заготовки большей длины будут опрокидываться. Опрокидывание приводит к заклиниванию заготовки между инструментом и опорой и поломке инструмента.

Для базирования с горизонтально-расположенной заготовкой длина заготовки, исключающая ее опрокидывания значительно меньше чем для схем с вертикальным расположением оси заготовки.

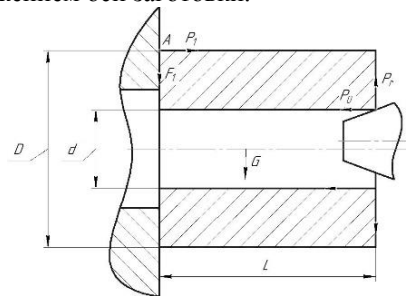


Рис. 2. Схема базирования горизонтально расположенной заготовки

Условие опрокидывания для такой схемы [2]:

$$L \leq \frac{D - d}{K + f}; \quad (10)$$

По такой схеме можно проводить процесс дорнования только деталей типа диск и шайба.

По схеме базирования при ходе инструмента снизу вверх, согласно теоретическим исследованиям, опрокидывание заготовки произойти не может при любых геометрических параметрах заготовки.

По условию опрокидывания видно, что неравенство не зависит от длины заготовок [2]:

$$\frac{D}{D + d} \geq \frac{f}{K + f}; \quad (11)$$

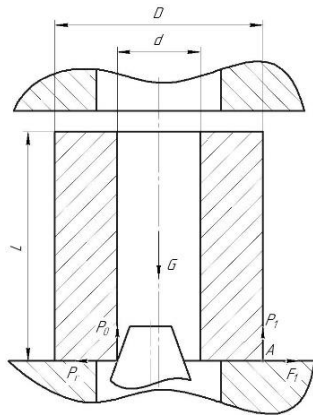


Рис. 3. Базирование вертикально расположенной заготовки при рабочем ходе инструмента снизу вверх

В настоящее время данная схема базирования практически не используется и требует дополнительных исследований.

#### Исследование

Для проведения исследования было разработано устройство, позволяющее проводить процесс базирования снизу. Эксперименты подтвердили теоретические данные, базирование осуществляется не зависимо от длины заготовки.

Однако после базирования в момент подъема заготовки до верхнего опорного торца возможно ее опрокидывание на рабочем конусе дорна (рис.4).

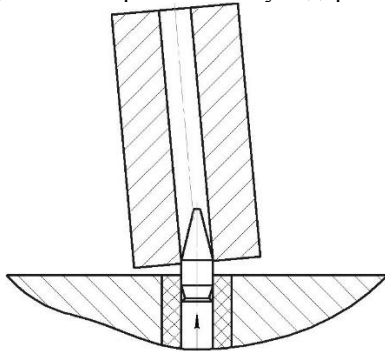


Рис. 4. Схема опрокидывания заготовки

Для решения данной проблемы была предложена конструкция приспособления со специальным поджимом заготовки по верхнему торцу с помощью подпружиненных шариков (рис.5).

Из-за действия сил пружин на заготовку меняется схема сил и условие опрокидывания. Новое условие неопрокидывания заготовки:

$$L \leq \frac{G \frac{D}{2} + P \frac{D}{2} - P_0 \frac{(D+d)}{2}}{P \cdot f_2}, \quad (12)$$

где  $P$  – суммарное усилие трех пружин,  $f_2$  – коэффициент трения в контакте шарик - заготовка.

Согласно данному уравнению в отличии от уравнения (11) при определенных длинах заготовок возникает опрокидывание.

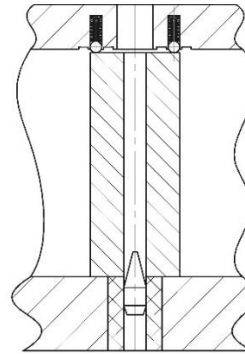


Рис. 5. Схема базирования с использованием приспособления

#### Анализ экспериментальных и теоретических исследований

На рисунке 6 приведена зависимость критической длины заготовки, при которой происходит опрокидывание, от наружного диаметра  $D$ , для различных схем базирования.

Использовались заготовки с наружным диаметром  $D = 20$  мм и диаметром отверстия  $d = 5$  мм, суммарное усилие трех пружин  $P = 3$  Н, диаметр шариков  $d_{ш} = 2,6$  мм, диаметр проволоки  $d_{п} = 0,3$  мм.

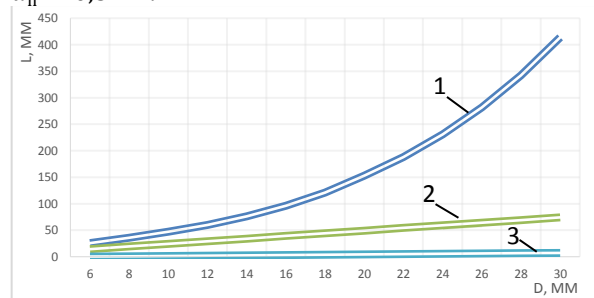


Рис. 6. Схемы базирования: 1 – снизу вверх с поджимом по верхнему торцу; 2 – сверху вниз; 3 – горизонтальное расположение оси отверстия заготовки

Из графика видно, что наибольшую критическую длину заготовок, при которой возникает опрокидывание в процессе базирования, имеет схема дорнования с перемещением инструмента снизу вверх.

#### Список использованных источников

1. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра: Монография. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 92 с.
2. Скворцов В.Ф., Арляпов А.Ю., Охотин И.С. Анализ процесса базирования заготовок, обрабатываемых дорнованием по схеме сжатия // Сб.тр X Юбилейной Международной научно-практической конференции «Современная техника и технологии». В 2-х т. – Томск: ТПУ, 2004. – Т1 – С.138 – 139.
3. Проскуряков Ю.Г. Дорнование отверстий. – М.: МАШГИЗ, 1961. – 192 с.
4. Розенберг А.М., Розенберг О.А. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания. – Киев: Наук. Думка, 1990. – 320 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРЕТОВСКИХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

И. К. Семенов, В. М. Горбунов, Е.А. Синюкова  
Томский политехнический университет  
iks5@tpu.ru

### Введение

Эффективность использования вычислительных систем во многом определяется возможностями организации параллельной обработки. Параллелизм может возникать и обеспечиваться на разных уровнях подготовки и реализации вычислительного процесса – алгоритмов, программ, команд.

Параллельные вычисления особенно необходимы, когда задача требует высокой производительности компьютера. Распараллеливание по данным – один из главных приемов параллельного программирования, позволяющий ускорить обработку больших данных [1].

В настоящее время параллельные вычисления широко используются в многокритериальных задачах оптимизации [2]. Краеугольной задачей в многокритериальной оптимизации является поиск Парето-оптимальных (эффективных) решений, так как "...вариант проекта, по которому будет изготавливаться серийная машина, обязательно должен быть Парето-оптимальным" [3, с. 3].

Сформулируем задачу многокритериальной оптимизации. Она имеет следующий вид:

$$\max F(X) \\ X \in D.$$

Символ  $\max F(X)$  понимается как набор символов  $\max F_i(X)$ ,  $i=1,2, \dots, m$ . Будем предполагать, что все критерии нужно максимизировать, т.к. всегда можно перейти от  $\min F_i(X)$  к  $\max [-F_i(X)]$ ,  $i=1,2, \dots, m$ , т.е. сменой знака перед частным критерием.

Определим понятие оптимального решения в смысле Парето. Если решение  $X_1 \in D$  не доминируемо никаким другим допустимым решением  $X \in D$ , то оно называется недоминируемым (эффективным) или оптимальным в смысле Парето.

Численные методы применяются для решения задач, которые не могут быть решены аналитически. Несколько слов о применяемом численном методе, который называют методом исследования различных вариантов. В области  $D$  генерируются  $N$  точек распределённых по равномерному закону, для них вычисляют значения частных критериев. Получаем пространство оценок (критериальное пространство), используя определение оптимальности по Парето, находим приближённо парето-оптимальные оценки, по которым находим соответствующие приближённо эффективные решения. Если количество пробных точек  $N$  возрастает, то приближённый фронт Парето в некотором смысле приближается к точному [4].

### Обоснование использования параллельных вычислений

#### 1. Подготовка и реализация вычислительного процесса.

Разработка параллельного алгоритма для решения данной задачи не вызывает затруднений. В параллельном варианте исходная задача разбивается на  $k$  подзадач – множество сгенерированных  $N$  точек из области  $D$  разбивается на  $k$  равных групп, в каждой из которых производится определение паретовских решений последовательным алгоритмом. После этого для получения окончательно решения задачи проводится слияние  $k$  паретовских решений групп (см. рис. 1).

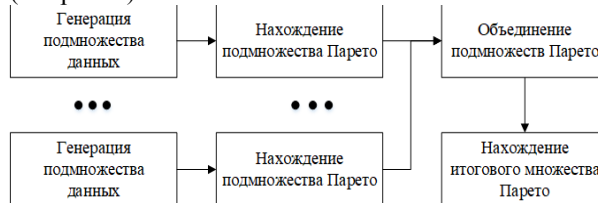


Рис. 1. Обобщенная схема алгоритма распараллеливания

#### 2. Теоретическое обоснование распараллеливания

Так как определение паретовских решений определяется для каждого потока, то должно выполняться условие сумматорности транзитивности [4, с. 50, 54].

#### 3. Техническое обоснование

Для эффективного использования параллельных вычислений, компьютер должен содержать несколько вычислительных ядер на центральном процессоре.

Рассмотрим применение рассмотренного алгоритма для следующей многокритериальной задачи: в области  $D=[-10 \leq x_1 \leq 10; -10 \leq x_2 \leq 10]$  заданы два критерия  $F_1(x_1, x_2)=(x_1-2)^2+(x_2-3)^2$ ;  $F_2(x_1, x_2)=(x_1+2)^2+4x_2^2$ , которые требуется минимизировать.

На начальном этапе (этапе инициализации) устанавливается количество потоков, которые будут выполнять вычисления ( $k$ ), границы и объем обрабатываемой выборки ( $N$ ). Следует уточнить, что вычисления проводились в двумерных пространствах параметров и оценок.

1. Генерация подмножества данных. На данном этапе каждый из  $k$  потоков заполняет соответствующее подмножество параметров (парами  $x_1, x_2$ ) при помощи генератора псевдослучайных чисел, распределённых по равномерному закону. При этом подмножество оценок заполняется парами  $F_1, F_2$ .



2. Нахождение подмножества Парето. После завершения первого этапа в сформировавшихся подмножествах находятся недоминируемые решения. Данные решения выделяются в отдельные подмножества.
3. Решения, полученные на предыдущем этапе (подмножества Парето-оптимальных решений) объединяются.
4. Нахождение множества Парето для множества, полученного при объединении подмножеств Парето-оптимальных решений. Данный шаг необходим для отсеивания решений, доминируемых решениями из других подмножеств.

Данное приложение было написано на языке программирования Visual C#. Для реализации параллельных вычислений использовались средства Microsoft .NET Framework, в частности, библиотека TPL (Task Parallel Library). Данная библиотека позволяет выполнять код параллельно с помощью классов Task (задача) и Thread (поток). В конкретной реализации параллельные вычисления осуществлялись за счет использования массивов объектов типа Task.

#### Эффективность параллельных вычислений.

Для оценки эффективности было проведено автоматизированное тестирование: подсчитано среднее время работы программы для разного количества потоков и разных объемов выборки после 100 выполнений алгоритма. Результаты тестирования представлены в таблице 1 и рисунке 2.

Таблица 1. Среднее время работы алгоритма (в секундах)

Число потоков	Число точек				
	100	1000	10000	50000	100000
1	0,000559	0,00177	0,073454	2,264257	10,64915
2	0,000423	0,001096	0,026671	0,710113	3,427886
4	0,000438	0,000906	0,013927	0,267502	1,348221
8	0,000429	0,000837	0,008999	0,158871	0,655979
16	0,000714	0,000851	0,006991	0,110031	0,449907
32	0,000656	0,000946	0,006094	0,064532	0,247039

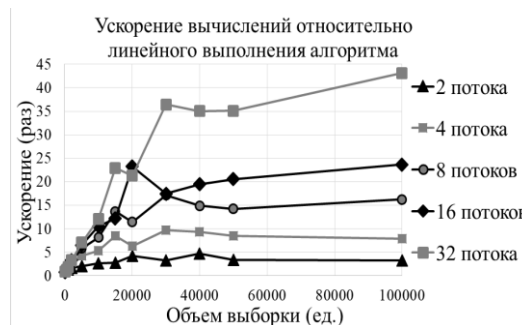


Рис. 2. Зависимость ускорения вычислений относительно линейного выполнения алгоритма от количества потоков и объема выборки

По данным из рисунка 2 можно заметить, что на малых объемах выборки (100 – 2000) ускорение изменяется незначительно для разного количества потоков, причем эффективность выполнения алгоритма на 16 и 32 потоках при выборке до 2000 элементов ниже, чем эффективность выполнения на 2, 4 и 8 потоках. Также видно, что ускорение работы алгоритма на 8 потоках больше, чем ускорение на 16 потоках для 15000 элементов и приблизительно равно ему для 30000 элементов. В свою очередь, выполнение алгоритма на 16 потоках для выборки объемом 20000 элементов дает большее ускорение, чем выполнение на 32 потоках.

#### Заключение

Дано обоснование применения параллельных вычислений для определения эффективных решений.

Проведенные расчеты показали, что использование параллельных вычислений позволяет существенно сократить время решения задачи (см. табл. 1).

Разработанная программа, например, позволяет увеличить количество исходных точек без потери времени, что позволяет, например, уточнить границы фронта Парето [5, с. 60].

#### Список использованных источников

1. Биллиг В. А. Параллельные вычисления на C#. Факты и гипотезы. [Электронный курс] URL: <http://www.keldysh.ru/abrau/2015/25.pdf> (Дата обращения 25.09. 2017).
2. Казаков В.Ю., Тимченко С.В. Параллельный алгоритм для решения задач многокритериальной оптимизации // Вторая Сибирская школа-семинар по параллельным вычислениям. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – С. 32-37.
3. Статников Р.Б., Матусов И.Б.. Многокритериальное проектирование машин. – М.: Знание, 1989. – 48 с. /Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Математика, кибернетика»; №5.
4. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями: учеб. пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2006. – 182 с.
5. Теория выбора и принятия решений: Учебное пособие /И.М. Макаров и др. - М.: Наука, 1982. - 388 с.



## ПРИМЕНЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНИВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДИФфуЗИОННОГО ТИПА

А.О. Шерстобитова

Научный руководитель: Т. В. Емельянова  
Томский государственный университет  
Annaivashchenko06@gmail.com

### Введение

В задачах обработки временных рядов, идентификации, прогнозирования широко используются модели с непрерывным временем, описываемые стохастическими дифференциальными уравнениями с неизвестными параметрами. Этапу использования модели предшествует этап идентификации параметров модели непосредственным оцениванием [1]. Для решения задач в неасимптотической постановке требуются методы, позволяющие контролировать точность оценок при малых объемах данных. В связи с этим успешно применяется последовательный анализ, который характеризуется тем, что длительность наблюдений не фиксируется заранее и определяется специальными правилами.

Целью исследования является разработка последовательной процедуры оценивания для неизвестных параметров процесса авторегрессии диффузионного типа. Кроме того, представляет интерес исследование свойств получаемых последовательных оценок, в связи с чем формулируется теорема об асимптотической нормальности последовательных оценок неизвестных параметров рассматриваемого процесса.

### Описание модели

Пусть наблюдаемый  $p$ -мерный процесс  $X_t = (X_1(t), \dots, X_p(t))'$  описывается системой линейных дифференциальных уравнений

$$dX_t = AX_t dt + BdW_t, \quad (1)$$

в которой  $A$  и  $B$  – квадратные матрицы постоянных коэффициентов размера  $p \times p$ , причем все характеристические числа матрицы  $A$  имеют отрицательные вещественные части,  $W_t$  – стандартный  $p$ -мерный процесс броуновского движения.

Задача состоит в том, чтобы оценить неизвестные коэффициенты матрицы  $A = \|a_{ij}\|$  по наблюдениям процесса  $X_t$ .

Предполагается, что неизвестные параметры  $\theta_i$ ,  $i = \overline{1, p}$  таковы, что все корни характеристического полинома  $Q(z) = z^p - \theta_1 z^{p-1} - \dots - \theta_p$  лежат в единичном круге.

### Построение последовательной процедуры

Одним из основных методов оценивания вектора неизвестных параметров  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p)'$  является метод наименьших квадратов (МНК), согласно которому оценка  $\hat{\theta}_T$  имеет вид [3]

$$\hat{\theta}_T = M_T^{-1} \int_0^T X_s d\langle X_t \rangle_p, \quad (2)$$

где  $\langle \alpha \rangle_i$  обозначает  $i$ -ю координату вектора-столбца  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_p)'$ ,  $M_T$  – выборочная информационная матрица Фишера,  $M_T^{-1}$  – обратная к ней, если она не вырождена, и  $M_T^{-1} = 0$  – в противном случае [1].

Пусть  $H$  – пороговое значение процедуры оценивания,  $H > 0$ . Определим длительность наблюдений процесса и оценку неизвестных параметров по формулам

$$\tau = \tau(H) = \inf \{ \tau > 0 : \|M_T^{-2}\|_2^{\frac{1}{2}} \leq \frac{1}{H} \}, \quad (3)$$

$$\theta^*(H) = M_{\tau(H)}^{-1} \int_0^{\tau(H)} X_s d\langle X_t \rangle_p. \quad (4)$$

Последовательный план (3, 4) позволяет контролировать среднеквадратическую точность получаемых оценок за счет выбора порога процедуры  $H$  [2].

Асимптотическое распределение последовательных оценок устанавливает следующая теорема.

**Теорема.** Пусть задан процесс вида (1)

$$dX_t = AX_t dt + BdW_t, \quad (1)$$

где  $A$  и  $B$  – квадратные матрицы размера  $p \times p$ ,  $W_t$  – стандартный  $p$ -мерный процесс броуновского движения.

Пусть  $\theta_i$ ,  $i = \overline{1, p}$  таковы, что все корни характеристического полинома  $Q(z) = z^p - \theta_1 z^{p-1} - \dots - \theta_p$  лежат в единичном круге. Последовательный план  $(\tau_H, \theta^*(H))$  задается

формулами (3, 4). Тогда вектор  $\frac{1}{\sqrt{H}}(\theta^*(H) - \theta)$  имеет асимптотически нормальное распределение с параметрами  $(0, F^{-1})$ .

Полученные результаты применены к процессу  $AR(1)$  с неизвестным параметром  $\theta$ . Проведено имитационное моделирование, в ходе которого вычислены моменты остановки  $\tau(H)$ , а также последовательные оценки параметра  $\theta$ . Моделирование реализуется при условиях:  $\Delta t = 0.1$ ,  $x_0 = 0$ , объем выборки  $N = 1000$ , истинное значение параметра  $\theta$  приняли равным 0.2. Для полученных оценок строится полигон частот.

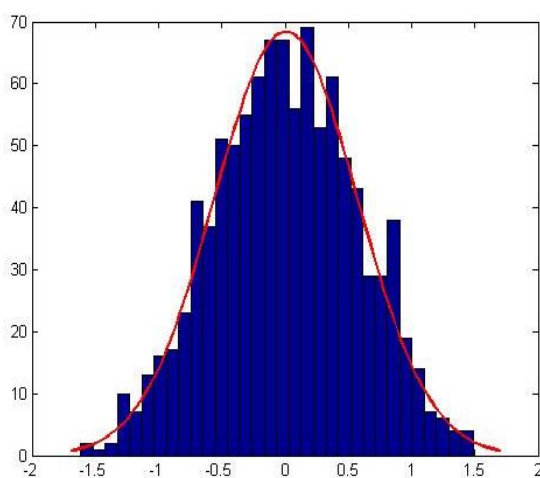


Рис. 1. Полигон частот для последовательных оценок параметра  $\theta = 0.2$

С помощью критерия Жака-Бера была проведена проверка гипотезы о принадлежности последовательных оценок нормальному распределению с уровнем доверия  $\gamma = 95\%$ , который подтвердил нормальность результатов оценивания.

#### Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования построена последовательная процедура с использованием специального правила остановки. Построенный последовательный план позволяет контролировать среднеквадратическую точность получаемых оценок за счет выбора порога процедуры. Кроме того, получаемые последовательные оценки обладают свойством асимптотической нормальности. Этот факт может быть использован для построения доверительных интервалов для параметров модели авторегрессии, а также для исследования оптимальности одноэтапной последовательной процедуры.

#### Список использованных источников

1. Емельянова Т. В., Конев В. В. О последовательном оценивании параметров непрерывной авторегрессии. – Вестник Томского гос. у-та: Математика и механика. №5(25). Томск, 2013, с. 12-25.
2. Конев В. В., Пергаменщиков С. М. О последовательном оценивании параметров случайных процессов диффузионного типа. Пробл. Передачи информ., 1985, т. 21, вып. 1, с.48-61.
3. Липцер Р.Ш., Ширяев А.Н. Статистика случайных процессов. – М.: Наука, 1974.

## СИСТЕМА ПОЛНОГО МОНИТОРИНГА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ARDUINO И RASPBERRY PI

А.А. Пасюков, Р.Р. Хисматуллин, Р.И. Баженов  
Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема  
vipusk-2012-12@mail.ru

### Введение

При повышении эффективности работы двигателя внутреннего сгорания необходимо в реальном времени отслеживать показатели работы двигателя. Основными задачами при достижении стабильной работы ДВС в режимах повышенных нагрузок являются постоянный мониторинг и информирование водителя о выходе текущих показателей за допустимые границы значений. В данном случае можно применить набор датчиков именитых производителей GReddy, HKS, AEM и т.д., но остается необходимость водителю самостоятельно следить за многочисленными показаниями датчиков: температура масла, температура охлаждающей жидкости, температура выхлопных газов (EGT), соотношение воздух/топливо, давление (разряжение) во впускном коллекторе и др.

### Обзор исследований

В статье Н.Н. Yan и Y. Rahayu [1] рассмотрели реализацию системы мониторинга утечки газа с использованием Arduino и ZigBee для обнаружения вредных газов в воздухе. В работе J.Noor Azammi Abd Murat и S.B.Ramli [2] описали разработку системы для анализа соотношения окиси углерода, кислорода, оксиды азота и несгоревший углеводород, образуемый двигателем, что позволяет узнать богато или сухое соотношение топливовоздушной смеси. Ученые H.Alshamsi и др. [3] разработали систему слежения за автомобилем с помощью GPS, в целях слежения за автомобилем по запросу в случае угона. Работа мини-воздушной станция с использованием микроконтроллера Arduino для тестирования производительности двигателя внутреннего сгорания показана B. Dogru и M.M. Ozdemir [4]. V.K.Sadagopan и др. [5] исследовали работу противоугонной системы, которая деактивируется с помощью SMS кода и в случае срабатывания передает данные в о местоположении автомобиля в полицию.

### Постановка задачи

Системы автоматического мониторинга показателей работы двигателя позволяют оперативно реагировать и принимать решения в нештатных ситуациях. Ведение журнала показателей дает возможность проанализировать работу ДВС и выявлять причины возникновения нештатных ситуаций.

Таким образом, планируется разработать систему мониторинга двигателя, которая будет

следить за всеми показателями его работы в реальном времени, а также вести журнал изменений и выводить на экран необходимую информацию. В случае выхода показателей за определенные рамки, водитель будет оповещен об этом.

Кроме того, в ходе работы планируется реализовать систему слежения за автомобилем, которая будет следить с помощью GPS за движением автомобиля и передавать его координаты в заданный интервал времени либо по отдельному запросу, который поступает через SMS. Микроконтроллер Arduino собирает информацию и непосредственно передает на микрокомпьютер Raspberry Pi, который в свое время, будет отображать расположение автомобиля на мини карте и все данные передаваться на сервер.

Большинство показателей можно снять с помощью адаптера CAN-BUS Shield, который подключается к диагностическому разъему OBD-II в автомобиле и, благодаря специальной библиотеки, считывает показатели с автомобильных датчиков, что облегчит мониторинг основных показателей.

В связи с тем, что автомобиль не имеет стандартные средства для считывания таких показателей, как температура выхлопных газов двигателя, соотношение воздух/топливо, определение месторасположения и т.д., то придется использовать дополнительные датчики и модули для считывания этих показателей.

### Описание средств реализации

Для мониторинга показателей двигателя используется интеграции платформ Arduino и Raspberry Pi. Arduino - платформа разработки электронных устройств, разработанная на базе микроконтроллеров Atmega семейства AVR. Устройство достаточно функционально, благодаря большому набору подключаемых датчиков и языку программирования C/C++, адаптированному для микроконтроллеров, позволяет разрабатывать различные интерактивные устройства. Таким образом можно практически полностью отслеживать изменения показателей двигателя в реальном времени. Весомым достоинством данной платформы является ее гибкость и адаптивность.

Raspberry Pi – миниатюрный персональный компьютер с установленной на нем операционной системой Linux, который похож на маленькую материнскую плату. Изначально разрабатывался как недорогая система для обучения информатике.

Благодаря множеству дополнительных возможностей и простого подключения различных компонентов, Raspberry стали применять для разработки более сложных систем. К Raspberry Pi можно подключить одну или несколько плат Arduino. Способы подключения ограничивает то, что Raspberry Pi работает при напряжении 3,3 вольта, в то время как Arduino работает при напряжении 5 вольт. Существует несколько способов интегрирования. Самый простой способ - использовать USB кабель, но что бы не занимать ограниченные USB порты будет использоваться последовательное соединение I2C, что позволит соединить до 128 вспомогательных устройств.

### Реализация

На первом этапе был реализован мониторинг температуры выхлопных газов двигателя. Таким образом, для реализации данной цели датчик EGT был внедрен в выхлопной коллектор. В связи с тем, что датчик EGT не подключается на прямую к микроконтроллеру Arduino, как связное звено использовалась плата с чипом MAX31855.

Схема подключения датчика EGT к микроконтроллеру Arduino представлена на рисунке 1.

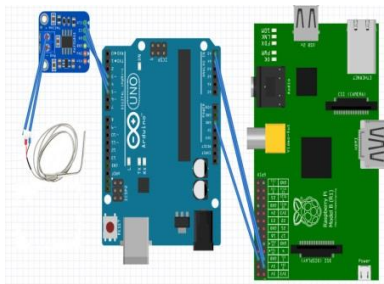


Рис. 1. Схема подключения датчика EGT к микроконтроллеру Arduino

По схеме прекрасно видно, что датчик EGT подключается к плате MAX31855, которая непосредственно подключается к Arduino для обработки результатов и обработанные данные передаются в микрокомпьютер Raspberry Pi для графического вывода показателей на экран монитора.

На втором этапе было реализовано определение местоположения машины. Для этих целей был использован GPS модуль GY-NEO6MV2, а также для хранения истории координат адаптер MicroCD.

Схема подключения GPS и MicroCD модулей к Arduino представлена на рисунке 2.

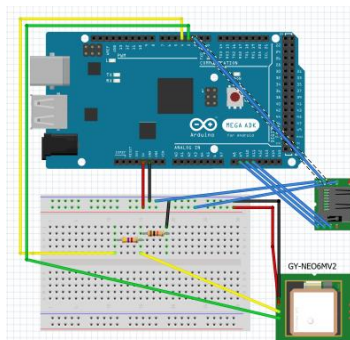


Рис. 2. Схема подключения GPS и MicroCD модулей к Arduino

Как показано на схеме, модули GPS и MicroCD непосредственно друг к другу подключаются в микроконтроллеру. Показатели местоположения считываются с GPS модуля, микроконтроллер обрабатывает результаты и передает на карту памяти.

### Заключение

В результате проделанной работы был реализован мониторинг температуры выхлопных газов путем подключения датчика EGT к платформам Raspberry Pi и Arduino и определение местоположения двигателя путем подключения GPS модуля, после чего будет реализована синхронизация с сервером, что поможет удаленно следить за передвижением автомобиля. Также планируется развитие данной системы путем подключения большего количества датчиков. Кроме того, будет реализована система протоколирования показателей работы двигателя в хронологическом порядке.

### Список использованных источников

1. Yan H. H., Rahayu Y. Design and development of gas leakage monitoring system using arduino and zigbee //Proceeding of the Electrical Engineering Computer Science and Informatics. – 2014. – Т. 1. – №. 1. – С. 207-212.
2. Noor Azammi B Abd Murat J., Ramli S. B. Engine Monitoring System; to produce an engine Tuning Monitoring System By Displaying Air Fuel Ration and Engine Knocking on dashboard panel // Science Engineering Technology National Conference (SETNC) 2013.
3. Alshamsi H., Kępuska V., Alshamsi H. Real Time Vehicle Tracking Using Arduino Mega //International Journal of Science and Technology. – 2016. – Т. 5. – №. 12. – С.624-627.
4. Dogru B., Ozdemir M.M. Electronic measurement of weather conditions for an engine test room // Journal of thermal engineering. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 1328-1337.
5. Sadagopan V.K., Rajendran U., Francis A. J. Anti-theft control system design using embedded system //Vehicular Electronics and Safety (ICVES), 2011 IEEE International Conference, 2011. – С. 1-5.



## ВЫБОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Евсюткин И.В.

Марков Н.Г.

Томский политехнический университет  
pzerag@mail.ru

### Введение

На современном нефтегазодобывающем предприятии применяется большое число разнообразных информационных систем различного уровня и назначения: АСУТП, MES, ERP, OLAP и другие. Задача обмена информацией между разнородными системами решается путём применения различных стандартов и технологий интеграции, но наибольшая эффективность достигается при опоре на принципы сервис-ориентированной архитектуры [1]. Проблема заключается не только в том, чтобы производить преобразование форматов данных и организовывать обмен сообщениями между существующими системами, но и делать это в строго заданной последовательности бизнес-процессов (БП).

При реализации бизнес-процессов управления геолого-техническими мероприятиями (ГТМ) службы нефтегазодобывающей компании должны решать следующие БП: сбор исходных данных; отбор скважин-кандидатов для ГТМ; выбор ГТМ; оценка технологической и экономической эффективности ГТМ планирование работы бригад капитального ремонта скважин [2].

Чёткое понимание внутренней структуры БП возможно лишь на зрелом этапе развития компании, когда БП полностью формализуются [3]. А помогает осуществлять данную задачу специализированное ПО - система управления бизнес процессами (англ. Business Process Management Suite, сокращённо BPMS).

В статье рассматриваются вопросы постановки критериев выбора BPMS для нефтегазодобывающего предприятия и анализа наиболее популярных систем на соответствие выбранным критериям.

### Понятие BPMS

BPMS – это технологическое программное обеспечение для управления организацией. Задачами этой системы являются: моделирование, исполнение, контроль и улучшение бизнес-процессов. BPMS позволяет: обнаружить неоптимальные места в производстве, ускорять выполнение задач, улучшать качество их выполнения, уменьшать издержки и обеспечивать компании эффективное развитие.

При использовании BPMS все пользователи и сторонние системы работают в нужном порядке без нарушения правил. Система следит за временем работы, а при отклонении уведомляет ответственное лицо или предлагает альтернативный маршрут.

Для моделирования БП используются интуитивно понятные спецификации, наиболее известные из которых BPMN (самый популярный), EPC и IDEF0. Такие языки способны понимать все от бизнес-аналитиков до разработчиков систем, BPMS предоставляют графический дизайнер моделирования БП и удобный интерфейс пользователя.

### Критерии выбора BPMS

В качестве анализируемых систем были взяты наиболее распространённые BPMS, собранные в специальной электронной таблице [4], здесь можно найти множество систем различных производителей для разных платформ; многие системы требуют лицензии.

Главными критериями при анализе BPMS были выбраны следующие её свойства:

1. *Полнота реализации нотации для описания бизнес-процессов* (в первую очередь, BPMN). Если система не позволяет спроектировать абсолютно любой бизнес-процесс, то такая система не может стать основой для разработки.
2. *Возможность компиляции и выполнения спроектированных диаграмм*. Все BPMS дают возможность строить диаграммы бизнес-процессов – это может быть полезно для визуализации предметной области на этапе анализа требований, но при эксплуатации информационной системы только этого недостаточно.
3. *Наличие встроенных адаптеров*, поддержка протоколов и обменных форматов для интеграции и взаимодействия с другими системами. Обычно данный аспект характерен для сервисных шин предприятия (ESB), но функциональные возможности ESB и BPMS взаимно дополняют друг друга, и поэтому часто разрабатываются единой информационной системой.
4. *Стоимость системы*. Покупка новой системы является дорогой и повышает стоимость продукта, тем самым уменьшая конкурентные преимущества разработки.
5. *Кроссплатформенность*.

Системы, предназначенные только для определённых платформ, являются недостаточно гибкими.

Основываясь на данных таблицы, можно ограничить анализ BPMS, оставив только свободно распространяемые кроссплатформенные системы и технологии. Соответствие другим критериям определяется путём опытной эксплуатации систем и изучением их документации.

Дополнительно к системам в таблице рассмотрены такие системы и технологии, как Windows Workflow Foundation, Bonita BPM, Bizagi



BPM Suit, а также российская разработка ELMA BPM Community.

Оценки систем по десятибалльной шкале показаны в Таблице 1. **Жирным** отмечены системы, которые удовлетворяют всем критериям. Bonita BPM, Camunda Modeler, jBPM, RunaWFE, ELMA BPM Community. Выбор между ними зависит от владения языком программирования (Java, C#, JavaScript, MVEL и другими).

Подчёркнутым курсивом обозначены BPMS, которые могут решать все задачи, но с какими-либо ограничениями: Activiti Modeler, WWF, jBPMN,

Sydle Seed Community. Ограничения могут быть по числу одновременно занятых пользователей, число встроенных адаптеров или на необходимость написания дополнительного кода при использовании системы.

Другие среды разработки - это обычные графические дизайнеры БП, которые могут быть вспомогательными средствами при моделировании. Также данная категория включает системы с пробной версией без необходимой функциональности исполнения БП и адаптеров к сторонним системам.

Таблица 1. Оценка BPMS по выбранным критериям

Критерий Название	Полнота реализации BPMS языка	Возможность компиляции БП	Наличие встроенных адаптеров
<u>Activiti Modeler</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>5</u>
<b>Bonita BPM</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>7</b>
BeePMN	10	0	0
BPMN Web Modeler	10	1	0
bpmn.io	10	0	1
<b>Camunda Modeler</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
Eclipse BPMN2 Modeler	10	0	1
HEFLO	10	0	0
GenMyModel	8	0	0
IBM BlueWorks Live	10	2	2
<u>WWF</u>	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>6</u>
Bizagi BPM Suit	10	2	2
<b>jBPM</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
<u>jBPMN</u>	<u>10</u>	<u>8</u>	<u>5</u>
LucidChart	7	2	0
MagicDraw	0	0	3
<b>RunaWFE</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>7</b>
simpl4	10	7	5
Stages	9	2	2
<u>SYDLE SEED Community</u>	<u>10</u>	<u>8</u>	<u>5</u>
yEd Live	10	0	1
<b>ELMA BPM Community</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>8</b>

## Заключение

Задача выбора BPMS для автоматизации процессов управления ГТМ является актуальной. Были сформулированы критерии, предъявляемые к BPMS. С учётом критериев проведён анализ наиболее популярных BPMS, показан уровень соответствия каждой из них выбранным критериям, что позволяет сделать выбор одной из них при реализации систем управления ГТМ.

## Список использованных источников

1. Козлецов А.П., Решетников И.С. Стандарты и технологии интеграции производственных информационных систем // Технологии управления. – 2010. – № 2. – С. 24-30.
2. Евсюткин И.В. Архитектура информационной системы для управления геолого-техническими мероприятиями на фонде нефтяных и газовых скважин / науч. рук. Марков Н.Г. //

Молодёжь и современные информационных технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 9-13 ноября 2015 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – С. 143-144.

3. Джеймс Джонс, Рассел Форман, Дин Форрестер, Дэни Дюшарм Модель зрелости ИТ. Сервис-ориентированная архитектура в подразделении разведки и добычи BP // Oil&Gas Journal – 2017. – Т. 105. - № 38 – С. 36-43.

4. BPMN Tool Matrix [Электронный ресурс] / Электронная таблица BPMS. – URL: <https://bpmnmatrix.github.io/> (дата обращения 26.02.2017).

## АНАЛИЗ БИОИНСПЕРИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ СОБЫТИЙ

Л. Р. Демиденко, Е. В. Соколова  
Научный руководитель: Е.А. Кочегурова  
Томский политехнический университет  
E-mail: evs56@tpu.ru

### Введение

Во многих фундаментальных науках, таких как химия, молекулярная биология и физика возникают задачи, сводящиеся к задачам непрерывной глобальной оптимизации. Особенности таких задач часто являются овражностью, недифференцируемостью, нелинейностью, многоэкстремальностью, отсутствие аналитического выражения и высокая вычислительная сложность оптимизируемых функций, высокая размерность пространства поиска, сложная топология области допустимых значений и т.д.

Для этих задач отлично подходят биоинспирированные алгоритмы (алгоритмы, вдохновленные поведением объектов живой природы), которые рассмотрены в данной работе.

### Общий принцип работы биоинспирированных методов оптимизации

В биоинспирированных методах оптимизации заложен общий принцип решения исходной задачи:

- 1) Инициализация популяции. В области поиска тем или иным образом создаем некоторое число начальных приближений к искомому решению задачи — инициализируем популяцию агентов.
- 2) Миграция агентов популяции. С помощью некоторого набора миграционных операторов, специфических для каждого из популяционных алгоритмов, перемещаем агентов в области поиска таким образом, чтобы, в конечном счете, приблизиться к искомому экстремуму целевой функции.
- 3) Завершение поиска. Проверяем выполнение условия окончания итераций и, если оно выполнено, завершаем вычисления, принимая лучшее из найденных положений агентов популяции в качестве приближенного решения задачи. Если указанные условия не выполнены, возвращаемся к выполнению этапа 2.

### Алгоритмы, вдохновленные поведением светлячков

Алгоритм светлячков был разработан Янгом в 2007 г. Алгоритм основывается на следующей модели поведения светлячков:

- светлячки привлекают друг друга вне зависимости от своего пола;
- привлекательность светлячка для других особей пропорциональна его яркости;

- менее привлекательные светлячки перемещаются по направлению к более привлекательному светлячку;

- яркость излучения данного светлячка, видимая другим светлячком, уменьшается с увеличением расстояния между светлячками;

- если светлячок не видит возле себя светлячка более яркого, чем он сам, то он перемещается случайным образом.

Алгоритм работает по следующей схеме:

- 1) Инициализация начальной популяции светлячков, вычисление значения интенсивности в данных точках;
- 2) Если интенсивность  $j$ -го светлячка меньше, чем интенсивность  $i$ -го, то вычисляется привлекательность одного светлячка для другого,  $j$ -й светлячок перемещается в направлении  $i$ -го, обновляется интенсивность  $j$ -го светлячка;
- 3) Если условие окончания итераций не выполнено, то алгоритм переходит к шагу 2;
- 4) Производится сортировка светлячков;
- 5) Возвращается лучшая найденная позиция.

### Сорняковый алгоритм

Основным механизмом, определяющим динамику сообщества любых растений, является естественный отбор, из которого выделяют два крайних типа:  $r$ -отбор и  $K$ -отбор. Реальные стратегии отбора лежат между этими предельными типами.

Девизом  $r$ -отбора являются слова "живи быстро, размножайся быстро, умирай молодым". При  $r$ -отборе предпочтительны такие качества, как высокая плодовитость, маленький размер семян и приспособленность к рассеиванию их на большое расстояние.

$K$ -отбор использует принцип "живи медленно, размножайся медленно, умирай в старости". При  $K$ -отборе предпочтительны такие качества индивидов, как большой размер семян, длинная жизнь, небольшое потомство, за которым требуется интенсивный уход.

Схема алгоритма:

- 1) распределение конечного числа семян по всей области поиска (инициализация популяции);
- 2) производство выросшими растениями семян в зависимости от приспособленности растений (воспроизводство);
- 3) размещение произведенных семян в случайном порядке по области поиска (пространственное распределение);

4) повторение шагов 2, 3 до тех пор, пока не достигнут заданный максимум числа растений;

5) отбор растений с более высокой приспособленностью, их воспроизводство и пространственное распределение (конкурентное исключение);

6) повторение шага 5 до выполнения условия окончания процесса.

### **Кукушкин поиск**

Алгоритм кукушкиного поиска (Cuckoo Search, CS) предложили Янг и Деб в 2009 г. Алгоритм вдохновлен поведением кукушек в процессе вынужденного гнездового паразитизма.

Некоторые виды кукушек откладывают яйца в коллективные гнезда вместе с другими кукушками и могут выбросить яйца других птиц, чтобы улучшить условия вылупления своим птенцам. Многие виды кукушек занимаются гнездовым паразитизмом, то есть подкладывают в гнезда других птиц свои яйца.

В алгоритме CS каждое яйцо в гнезде представляет собой решение, а яйцо кукушки — новое решение. Цель заключается в использовании новых и потенциально лучших (кукушкиных) решений, чтобы заменить менее хорошие решения в гнездах. В простейшем варианте алгоритма в каждом гнезде находится по одному яйцу.

Положим, что речь идет о задаче глобальной безусловной максимизации. Алгоритм основан на следующих правилах: каждая кукушка откладывает одно яйцо за один раз в случайно выбранное гнездо; лучшие гнезда с яйцами высокого качества (высоким значением пригодности) переходят в следующее поколение; яйцо кукушки, отложенное в гнездо, может быть обнаружено хозяином с некоторой вероятностью (0; 1) и удалено из гнезда.

### **Обезьяний поиск**

Алгоритм обезьяньего поиска (Monkey Search, MS) предложили Мучерино и Шереф в 2008 г. Алгоритм вдохновлен поведением обезьяны, лазающей по дереву в поисках пищи. Обезьяне ставится в соответствие агент, который строит деревья решений для поиска экстремума в задаче глобальной максимизации.

В алгоритме MS максимальное количество пищи представляет собой желаемое решение, а ветви дерева представляют собой варианты выбора между соседними допустимыми решениями в рассматриваемой задаче оптимизации. Этот выбор может быть как полностью случайным, так и основанным на известных алгоритмах решения задачи глобальной оптимизации. Алгоритм использует бинарные деревья поиска, т. е. от каждой данной ветки (кроме ветвей, образующих

вершину дерева) отходят две другие ветви с решениями, располагающимися на их концах.

Если в текущий момент времени обезьяна находится на конце некоторой ветви, то далее она с равной вероятностью перемещается полевой или правой исходящим ветвям. В точке пространства поиска, соответствующей концу ветви, на которой находится обезьяна, вычисляем значение фитнес-функции. Если это решение лучше найденного ранее лучшего решения, то запоминаем его, и по рассмотренной схеме обезьяна продолжает движение вверх. Движение останавливаем при достижении обезьяной вершины дерева, определяемой максимально допустимой его высотой. Все посещенные обезьяной ветви дерева запоминаем.

Если не все пути в дереве исследованы, то всякий раз, после достижения обезьяной вершины дерева, она спускается до текущей лучшей точки и снова начинает движение вверх, возможно, проходя некоторые из уже пройденных ветвей.

### **Заключение**

Было рассмотрено несколько основных видов биоинспирических алгоритмов, выявлены закономерности, характерные для данного типа алгоритмов.

Основное преимущество биоинспирированных алгоритмов заключается в возможности гибридизации данных алгоритмов для решения конкретных прикладных задач, что будет использоваться авторами в дальнейших работах.

### **Список использованных источников**

1. Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие. [Электронный ресурс] / Единое окно доступа к образовательным ресурсам. — URL: [http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/394/39394/17112?p\\_page=7](http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/394/39394/17112?p_page=7)
2. Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов / А. П. Карпенко // Приложение к журналу «Информационные технологии». — 2012. — №7. — С. 1-32
3. Карпенко А. П., Селиверстов Е. К. Глобальная оптимизация методом роя частиц. Обзор // Информационные технологии. 2010. № 2. С. 25—34.
4. Гладков В.А., Курейчик В.В. Биоинспирированные методы в оптимизации. - М.: Физматлит, 2006. - 384 с.
5. Пантелеев А.В., Метлицкая Д.В., Алешина Е.А. Методы глобальной оптимизации. Метаэвристические стратегии и алгоритмы. - М.: Изд-во Вузовская книга, 2013. - 248 с.

## СРЕДСТВА ХРАНЕНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ ТЕКСТОВОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

С.А. Леоновец  
Университет ИТМО  
ser2694@yandex.ru

### Введение

Процесс разработки бортового приборного оборудования для авиации сопровождается подготовкой конструкторской и программной документации на различных этапах проектирования: эскизное проектирование; технический проект; технические предложения; рабочее конструкторское проектирование. Перечень разрабатываемых документов регламентируется соответствующими государственными стандартами, например, ГОСТ 2.102-68, и определяется сложностью системы и её практической области применения. Данная техническая документация имеет свой жизненный цикл, на протяжении которого необходимо следить за статусом инженерных данных, использованных в ней. В распоряжении разработчиков проектных организаций сегодня имеются различные программные средства, помогающие осуществить контроль версий документов, например, Git. Но они не учитывают специфику действующих государственных стандартов.

Поэтому целью работы являлось написание программного обеспечения, которое предоставило бы пользователям возможность автоматизированной подготовки технической документации, а также осуществлять контроль версий.

### Система контроля версий

Для решения данной задачи была среда Microsoft Visual Studio. Программное написано на языке C# с использованием WPF. В состав САПР входит система контроля версий, которая осуществляет постоянный контроль данных документа в ходе всего жизненного цикла [2].

При создании документа автоматически переходит в состояние “черновик” (draft) с версией 1.0. Это состояние используется для редактирования. По окончании редактирования версия документа подвергается формальной инспекции, для чего переводится в состояние “проверка” (proposed). С этого момента редактирование запрещается. По результатам проверки версия документа либо становится новой базовой версией единицы конфигурации (ЕК), переходя в состояние утверждено (approved), либо отправляется на доработку, переходя в состояние “отклонен” (declined). В обоих случаях версия документа фиксируется для истории и ее редактирование не допускается. При необходимости внести изменения выполняется

порождение следующей версии документа. При этом в зависимости от состояния последней версии документа (approved или declined) присвоение номера версии для порождаемой версии документа.

Все версии документа сохраняются. Обеспечена возможность просмотра любой, выбранной пользователем, версии документа, а также возможность сравнения двух любых версий одного документа.

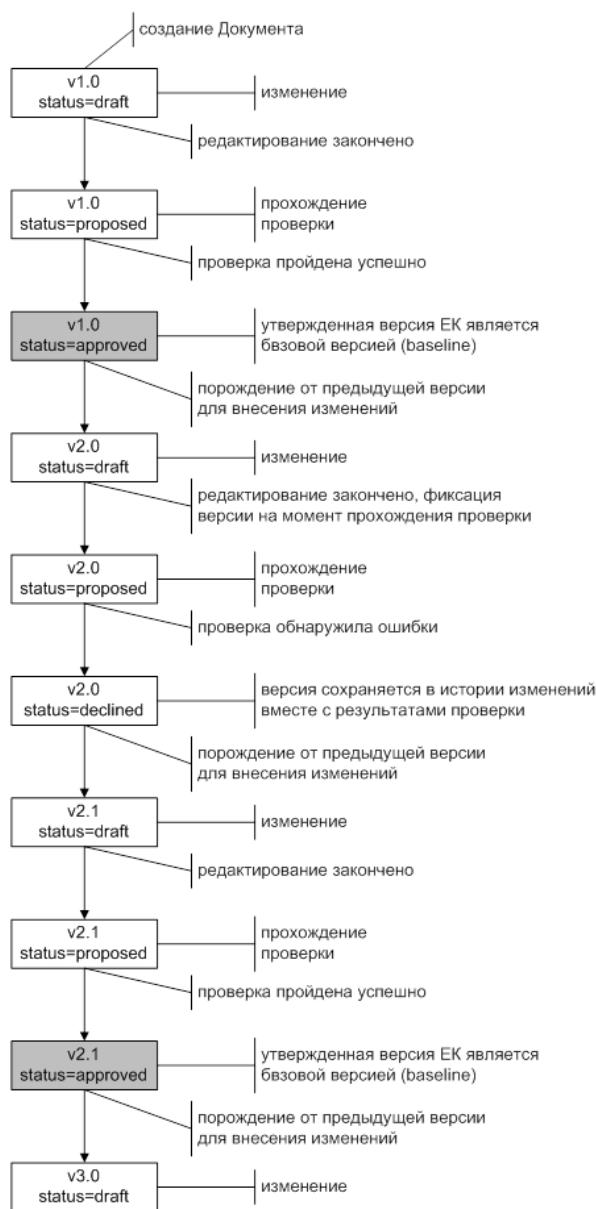


Рис. 1. Пример «эволюции» документа

Интерфейс разработанной системы контроля версий имеет древовидную наглядную структуру и представлен на рис.2.

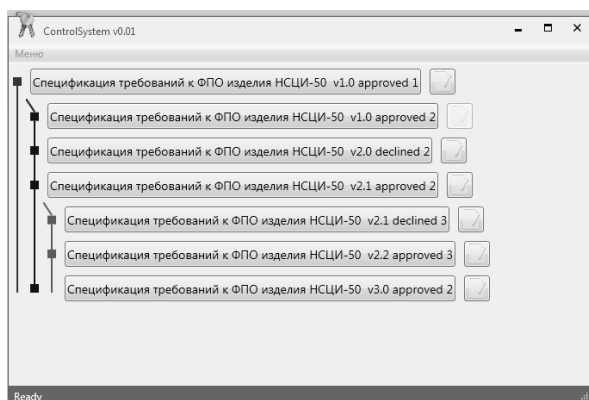


Рис. 2. Интерфейс системы контроля версий

Было проведено исследование скорости сохранения документов в разных форматах с использованием библиотеки *Microsoft.Office.Interop.Word.dll* версии 14.0, а также языка C#. Тестирование скорости сохранения производилось замером времени выполнения следующего кода:

```
Microsoft.Office.Interop.Word._Application
appWord = new
Microsoft.Office.Interop.Word.Application();
// Заполнение документа контентом
CreateAndFillActiveDoc(appWord);
object fileName;
object FileFormat =
Word.WdSaveFormat.wdFormatRTF;
appWord.ActiveDocument.SaveAs(ref
fileName, ref FileFormat);
appWord.Quit();
```

Расширение сохраняемого документа задается переменной *FileFormat*. В приведенном выше примере выбран формат *RTF*. Также были исследованы форматы: *PDF*, *XPS*, *DOC*, *DOCX*, *ODT*, *MHTML*. Сохранялись данные объемом 3 страницы A4, содержащие таблицу, изображение и текст. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Таблица. Скорость сохранения данных при различных форматах документов

Формат документа	Время сохранения, мс
DOC	161
DOCX	155
XPS	328
PDF	356
RTF	60
ODT	101
MHTML	115

Исходя из полученных результатов, был сделан вывод, что сохранять версии каждого документа целесообразно в формате RTF, это позволит сэкономить время пользователя при сохранении большого объема данных.

## Заключение

Предложен новый компонент системы автоматической генерации конструкторских и программных документов – подсистема контроля версий, обеспечивающая непрерывность контроля жизненного цикла инженерных данных, с целью повышения качества документов. Пользователь в любой момент времени может проследить как менялся документ, кто вносил определенные изменения и когда, а также «откатиться» к прошлой версии.

Полученные результаты могут быть использованы разработчиками проектных организаций, которые оформляют техническую документацию по ЕСКД и ЕСПД. Апробация работы данной системы может производиться с использованием действующих в области авиационного приборостроения отечественных стандартов и стандартов ARINC (Aeronautical Radio Inc., США). Автоматизация процесса подготовки конструкторской документации существенно сокращает трудоемкость и время проектирования, что в конечном итоге снижает себестоимость этапа разработки КД и ПД на изделие в целом.

## Список использованных источников

1. Бычков И., Ващук Ю. Конструкторская спецификация – информационная основа управления предприятием // САПР и графика. 2001. № 9. С. 90–95.
2. Леоновец С.А., Гурьянов А.В., Шукалов А.В., Жаринов И.О. Программное обеспечение для автоматизации подготовки текстовой конструкторской документации на программно-управляемые изделия // Программная инженерия - 2017. - Т. 8. - № 3. - С. 129–135.
3. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О., Жаринов О.О. Архитектура программного обеспечения автоматизированного рабочего места разработчика бортового авиационного оборудования // Научно-технический информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2. С. 140–141.
4. Гурьянов А.В., Шукалов А.В., Жаринов И.О., Леоновец С.А., Диденко Е.Ю. Управление инженерными данными проекта при автоматизации подготовки конструкторской документации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 1. С. 182–186 с.



## СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Гаськова Д.А.

Массель А.Г.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.130, 664033  
gaskovada@gmail.com

### Введение

Энергетика проникла во все сферы жизнедеятельности современного общества, а энергетическая безопасность (ЭБ) рассматривается как составляющая национальной безопасности страны. Среди угроз ЭБ выделяют тактические и стратегические угрозы [1]. Угрозы ЭБ систематизируются в пять основных групп: экономические, социально-политические, техногенные, природные и управленческо-правовые. Этот перечень угроз был расширен угрозами кибербезопасности [2], реализация которых может спровоцировать серьезные чрезвычайные ситуации в энергетике, которые могут повлечь снижение возможностей обеспечения энергоресурсами потребителей.

Стремительное распространение компьютерной среды, развитие информационных технологий и тенденция перехода к интеллектуальной энергетике делают киберугрозы одной из важнейших тактических и стратегических угроз ЭБ.

В исследованиях критических инфраструктур, энергетику выделяют как одну из основных частей гражданской инфраструктуры, выведение из строя или уничтожение которой может привести к ущербу, сопоставимому с ударами, наносимыми вооруженным силам [3].

Предлагается сценарный подход к анализу возможных критических ситуаций в энергетическом секторе как инструмент стратегического планирования, направленного на выявление критически важных объектов (КВО).

### Определение КВО

Критически важными объектами называют ключевые объекты (или их совокупности) соответствующих инфраструктур, воздействие на которые может оказать наиболее негативный эффект на отрасль экономики, ключевой ресурс или всю инфраструктуру.

Корректное определение КВО в энергетике позволит снизить риски финансовых потерь при повреждении или уничтожении энергетических объектов и будет способствовать бесперебойному получению энергетического продукта на стороне потребителя.

Критически важные объекты предлагается определять исходя из рисков наступления экстремальных ситуаций, вызванной нарушением кибернетической безопасности критической информационной инфраструктуры (КИИ)

энергетических объектов. Для определения КИИ разрабатывается риск-ориентированный подход, основанный на методах определения уязвимостей информационно-технологической системы объекта, сценарнотехника для выявления КС от реализации киберугроз и методах искусственного интеллекта. На основе анализа возможных экстремальных ситуаций путем ранжирования предлагается выявлять КВО.

### Сценарный подход

Сценарий представляет совокупность цепочки угроз ЭБ, которые с определенной вероятностью могут наступить при реализации киберугрозы, условий наступления того или иного негативного события, а также последствий, приводящих к ущербу, называемой экстремальной ситуацией.

Под экстремальными ситуациями (ЭКС) в энергетике понимают как чрезвычайные, так и критические ситуации. Под критическими ситуациями понимаются ситуации, когда возникают угрозы бесперебойному функционированию технических объектов и объектов обеспечения жизнедеятельности и/или угрозы жизни или здоровью, как отдельных людей, так и социальных (профессиональных) групп [4].

На рисунке 1 представлены компоненты сценария. Энергетические объекты содержат активы, представляющие собой программно-аппаратные составляющие информационно-технологической системы, которые могут содержать уязвимости различной степени значимости. Уязвимости могут быть использованы злоумышленником, т.е. реализованы киберугрозы в виде кибератаки или вследствие ошибки сотрудника как киберхалатность (вызванная низкой компьютерной грамотностью или пренебрежением инструкциями).



Рис.1. Онтология сценария реализации угроз

Основным компонентом сценария является событие, представляющее собой реализованную угрозу по отношению к активу энергетического

объекта, приводящую к негативным последствиям. Формально событие (E) можно представить, как:

$$E = \{A_i, C_i, N_i\},$$

где A – актив, C – последствия, N – условия.

Последствия (C), представленные в сценарии, далее ранжируются в соответствии с вероятностью их наступления и критериями оценки, в качестве которых могут выступать такие категории как финансовая оценка, экологические оценки, качество жизни населения и др.

$$C = \{D, K\},$$

где D – ущерб, K – критерии оценки.

C использованием шкалы: «норма», «предкризис» — критическая ситуация, «кризис» — чрезвычайная ситуация [4] — производится оценка сценария и далее анализируются риски наступления критической ситуации. Риски определяются тройкой:

$$R = \{T, V, D\},$$

где T – угрозы, V – уязвимости, D – ущерб при реализации угрозы.

Ущерб определяется для каждого последствия, как экономическая эффективность сценария. Под экономической эффективностью понимается соотношение между полученными оценками рисков наступления критической ситуации, выраженными в денежных единицах, и стоимостью выбранных контрмер, с учетом критериев оценки.

Степень риска устанавливается экспертом от допустимого до критического. На основе ранжирования критических рисков возникновения критической ситуации выявляются КВО с наибольшим ущербом для территории, региона или в масштабах страны.

Для поддержки принятия решений по построению сценариев возможных критических ситуаций экспертом-энергетиком предлагается разработать программный инструмент на основе Байесовских сетей доверия.

#### **Байесовские сети доверия**

Байесовская сеть – это графическая модель вероятностных и причинно-следственных отношений между наборами переменных, представляющая собой направленный ациклический граф, вершины которого представляют переменные, а ребра показывают условные зависимости между переменными [5].

Ранее Байесовские сети применялись для анализа угроз энергетической безопасности [6]. Применение Байесовских сетей как инструмента реализации сценарного подхода, рассчитанного на стратегическое планирование, позволит строить модели критических ситуаций с использованием байесовских вероятностей при введении числовых значений на основе знаний и опыта эксперта или частотных вероятностей при наличии статистических данных, зачастую отсутствующих в свободном доступе.

Байесовские сети позволят реализовать анализ угроз, охватывающий широкий круг параметров и полный объем угроз для определенной ЭкС, с возможностью оценки конкретных узких мест в зависимости от степени детализации анализа информационно-технологической системы энергетического объекта. При формировании сценариев реализации угроз нарушителем важной составляющей является исследование возможных последствий реализации неблагоприятных событий, при которых, задавая свидетельство для одного узла, производится оценка значений его потомков (последствий события)[6].

#### **Заключение**

Предложен подход к первичному выявлению КВО на основе построения сценариев ЭкС ситуаций в энергетике с применением анализа критической информационной инфраструктуры при реализации кибератаки на энергетический объект с использованием вероятностного моделирования (на основе Байесовских сетей доверия).

Данный подход позволяет моделировать ЭкС для дальнейшего анализа рисков их возникновения и выявления КВО.

#### **Список использованных источников**

1. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути решения / Н.И. Пяткова, В.И. Рабчук, С.М. Сендеров, М.Б. Чельцов. Отв. ред. Воропай Н.И. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 211 с.
2. Массель Л.В., Воропай Н.И., Сендеров С.М., Массель А.Г. Кибербезопасность как одна из стратегических угроз энергетической безопасности // Вопросы кибербезопасности. №4 (17). 2016. – С 2-10.
3. Кондратьев А. Современные тенденции в исследовании критической инфраструктуры в зарубежных странах / Зарубежное военное обозрение. - 2012. - № 1. - С. 19-30.
4. Массель Л.В., Массель А.Г. Технологии и инструментальные средства интеллектуальной поддержки принятия решений в экстремальных ситуациях в энергетике // Вычислительные технологии. 2013. Т. 18. № S1. С. 37-44.
5. D. Heckerman. A Tutorial on Learning with Bayesian Networks // Technical Report MSR-TR-95-06, Microsoft Research, March, 1995, 57 p.
6. Массель Л.В., Пяткова Е.В. Применение байесовских сетей доверия для интеллектуальной поддержки исследований проблем энергетической безопасности. – Вестник ИргТУ. – №2. – 2012. – С. 8-13.

## СИТУАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЯЗЫКА СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Кузьмин В.Р.

Массель Л.В.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН

[rulisp@vigo.su](mailto:rulisp@vigo.su)

### Введение

В статье предлагается использование ситуационного исчисления при разработке языка ситуационного управления. Рассматриваются история развития и основные понятия ситуационного исчисления и ситуационного управления. Показывается возможность использования языка ситуационного исчисления при разработке языка ситуационного управления.

### Ситуационное исчисление: история, основные понятия

Для описания модели мира в 1963 г. Дж. Маккарти создает ситуационное исчисление – формальный аппарат для построения модели мира и выполнения рассуждений о воздействиях на мир [1].

Маккарти в своём ситуационном исчислении использовал следующие основные понятия:

- **Ситуация (situation)** — логическая формула (терм), который описывает полное состояние мира в некоторый момент времени.
- **Флюента (fluent)** — это предикаты или функции, значения которых изменяются от одной ситуации к другой.
- Переход от одной ситуации к другой осуществляется с помощью специальной флюенты **result**.

Основными понятиями в ситуационном исчислении являются объекты, объектные переменные, категории, стандартные предикаты, функции, а также, микроситуации, состояния, действия, меры, единицы измерения, время. Используя эти понятия, можно моделировать ситуации, систематизировать и классифицировать объекты и их признаки, выполнять анализ ситуаций и динамику их изменения, а также, формулировать правила вывода для выбора управленческих решений. Подробнее понятия ситуационного исчисления рассматриваются в [2].

Назначение ситуационного исчисления – формализация ситуаций, действий и причинно-следственных связей между ними для некоторых систем. Наиболее распространенная область применения ситуационного исчисления – агентное моделирование [3].

### Ситуационное управление

Ситуационное управление основано на следующем положении: каждому классу ситуаций,

возникновение которых считается допустимым в процессе функционирования системы, ставится в соответствие некоторое решение по управлению.

Современная трактовка ситуационного управления рассмотрена, в частности, в [4]. Под текущей ситуацией **S** понимается совокупность текущего состояния объекта (**вектор состояния X**) и его внешней среды (**вектор возмущений F**). Тогда  $S = \langle X, F \rangle$ . Вводится понятие полной ситуации:  $S = \langle C, G \rangle$ , где **C** – текущая ситуация, **G** – цель управления. В свою очередь, цель управления **G** может быть представлена в виде целевой ситуации **Gg**, к которой должна быть приведена имеющаяся текущая ситуация. Тогда  $S = \langle C, Gg \rangle$ . Полагая, что текущая ситуация **C** принадлежит некоторому классу **Q'**, а целевая (заданная) ситуация **Gg** – классу **Q''**, ищется такое управление (**вектор управляющих воздействий U**), которое принадлежит множеству допустимых управлений  $\Omega_u$  и обеспечивает требуемое преобразование одного класса ситуаций в другой:

$$C \in Q' \xrightarrow{U \in \Omega_u} G_g \in Q''$$

Таким образом, ситуационное управление выступает как отображение:

$$(Q', Q'') \rightarrow U \in \Omega_u,$$

сопоставляющее паре «текущая ситуация – целевая ситуация» требуемый результат – управление **U**.

Ситуационное управление в контексте энергетической безопасности рассматривается как управление в условиях экстремальных ситуаций в энергетике (Contingency Management). Первоочередная область приложения – применение концепции ситуационного управления для поддержки принятия стратегических решений по развитию энергетических систем России и ТЭК в целом с учетом требований энергетической безопасности [5].

### Применение ситуационного исчисления при разработке языка ситуационного управления.

Для реализации предложенного подхода разрабатывается Интеллектуальная система поддержки принятия решений (Ситуационный полигон). Одним из основных его компонентов является язык ситуационного управления (CML) [6].

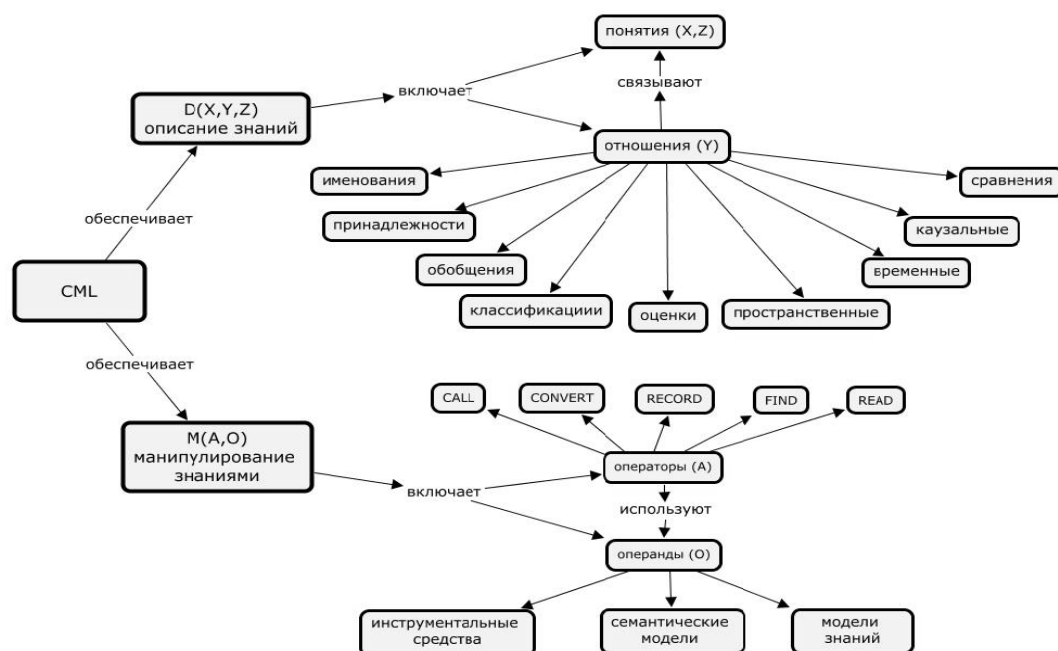


Рис. 1. Структура CML

Он включает две составляющих (D, M): средства описания знаний D, реализующие совокупность отношений, и средства манипулирования знаниями M. Структура CML приведена на рис. 1.

Рассмотрим некоторые из отношений, представленных на рис. 1 относящихся к компоненту описания знаний, и сопоставим им понятия языка ситуационного исчисления, с помощью которых их можно выразить:

#### Отношения именования:

<объект> <имеет> <имя>  
<объект> := <физический объект> |  
<программный компонент> |  
<информационный объект>

Для данного типа отношений можно использовать характеристики объекта, введенные в ситуационном исчислении.

#### Отношения классификации:

<ситуация> <имеет тип> <исходная |  
переходная> | <целевая>  
<управляющее воздействие | мероприятие>  
<имеет тип> <превентивное | оперативное |  
ликвидационное>

Ситуационное исчисление позволяет классифицировать ситуации и действия. Для классификации угроз предлагается использовать словарь имён и понятий.

Первоначальный анализ показывает, что таким образом можно рассмотреть все предлагаемые отношения и сопоставить им базовые понятия языка ситуационного исчисления.

#### Заключение.

Рассмотрены основные понятия ситуационного исчисления и ситуационного управления.

Обоснована возможность применения последнего при реализации языка ситуационного управления – одного из ключевых компонентов Интеллектуальной системы поддержки принятия решений, называемой Ситуационным полигоном.

#### Список использованных источников

1. John McCarthy. Situations, actions and causal laws. Technical Report Memo 2, — Stanford University Artificial Intelligence Laboratory, Stanford, CA, 1963
2. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие для вузов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. — 352 с.
3. Рассел С, Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд. : Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. — 1408 с
4. Васильев В.И. Интеллектуальные системы защиты информации.- М.: Машиностроение, 2012.- 171 с.
5. Массель Л.В., Массель А.Г. Технологии и инструментальные средства интеллектуальной поддержки принятия решений в экстремальных ситуациях в энергетике // Вычислительные технологии. - 2013.- Т.18.- Специальный выпуск. - С. 37-44
6. Массель Л.В., Массель А.Г. Язык описания и управления знаниями в интеллектуальной системе семиотического типа // XX Байкальская Всероссийская конференция «Информационные и математические технологии в науке и управлении»: труды. Иркутск. ИСЭМ СО РАН. 2015. — Т. 3. — С. 112 - 124.



## МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ОБЛАСТИ НЕФТЕДОБЫЧИ

А.С. Гончаров

А.В. Марчуков

Томский политехнический университет

[asg19@tpu.ru](mailto:asg19@tpu.ru)

**Введение:** Современное состояние информационной инфраструктуры нефтяного предприятия можно описать, как систему, далекой от единого функционирования всех входящих в нее компонентов. В различных участках производственного процесса нефтедобычи и бурения используются малосовместимые либо совсем не совместимые устройства и программные технологии, которые зачастую создают сложности и тормозят производственный процесс из-за несвоевременной или слишком долгой интерпретацией и передачи данных между объектами информационной инфраструктуры предприятия. Так же современное состояние нефтеразведки и добычи характеризуется массовой разработкой высокоэффективных горизонтальных скважин, при прокладке которых важно выдерживать оптимальную траекторию бурения горизонтального участка. Для этого используются системы мониторинга бурения на основе оптоволоконных датчиков (кабелей). При данном методе мониторинга формируется огромное количество данных по состоянию всего ствола скважины.

**Цель работы:** Работа посвящена исследованию и разработке отечественных - технических и программных решений по оптимизации процессов передачи данных в информационной структуре нефтяного предприятия. В том числе по унификации технического взаимодействия станций управления бурением, совместно с инфраструктурой предприятия на основе единого стандарта и протокола передачи данных, направленного на:

- 1) Стандартизацию форматов передачи данных от буровой до геологической модели месторождения и повышение точности построения модели;
- 2) Повышение эффективности принятия управленческих, технологических и геологических решений;
- 3) Проектирование методов реализации национальных стандартов передачи данных для нефтегазодобывающей промышленности на основе информационной модели организации;
- 4) Разработка импортозамещающего отечественного программного продукта, обеспечивающего сохранность корпоративных данных;

Стандартизация передачи данных при разработке и добычи углеводородов приняла

характер стандартов де-факто практически во всех крупнейших нефтедобывающих и сервисных компаниях мира. Инициатором создания стандартов является консорциум “Energistics” (<http://www.energistics.org>), образованный и финансируемый ведущими нефтедобывающими компаниями мира.

Разработаны три международных стандарта передачи данных:

- 1) WITSML – стандарт описания данных о бурении;
- 2) PRODML – стандарт описания данных о добычи углеводородов;
- 3) RESQML – стандарт описания данных о состоянии подземного резервуара.

Также консорциум Enegristics имеет формализованный метод проектирования и ведения жизненного цикла разработки и поддержки стандарта на основе итерационного анализа ключевых бизнес-процессов (операционных и управленческих) организации или индустрии. Данный метод предполагает первичное оценивание возможности и необходимости создания стандарта, анализ технических требований, выпуск раннего релиза и полной версии стандарта, при удовлетворении определенным критериям, таким как: выгода от использования, удовлетворение конечных потребителей стандарта и продуктов, использующих разработанный стандарт. Данный метод предполагает не только создание и развитие стандарта, но и дальнейшую поддержку, а также завершение поддержки и жизненного цикла определенного стандарта, по причине его неактуальности либо выхода нового, улучшенного стандарта. Следует уточнить, что данный метод не зависит от отрасли предприятия и его организационной структуры. Метод определяет общие определяющие, составляющие процессы и понятия для которых и разрабатывает стандарт.

Отечественные технологии, в частности информационная составляющая, добычи углеводородов отличаются от зарубежных и очень во многом. А значит, использовать зарубежные стандарты, а также оборудование и программные комплексы, реализующие зарубежные стандарты передачи данных, не можем в полную функциональную возможность. Математический аппарат, используемые протоколы и алгоритмы обмена данными нам не известны, что приводит к полной зависимости от зарубежных производителей.



Опора на применение зарубежных стандартов передачи данных приведёт к применению импортных программных модулей по всей технологической цепи передачи данных. Мы не можем развивать собственную индустрию и реализацию высокотехнологичных средств мониторинга подземного резервуара, импортная математическая модель месторождения просто не примет данные от такого устройства. В, стратегическом, плане необходимо создавать всю технологическую цепочку формирования, стандартизации, хранения и обработки данных (моделирования) с установок бурения и добычи. Применение современных импортных программно-аппаратных компонент очень затратно, действуют санкции и небезопасно с точки зрения сохранности данных о запасах. Необходимо постепенно шаг за шагом создавать отечественные компоненты. И разработка национальных стандартов передачи данных является одной из первоочередных задач. А вот разработку протоколов передачи данных для нефтегазовой промышленности можно вести на основе современного протокола ETP консорциума “Energistics”, так он не влияет на технологии бурения и добычи.

**Заключение:** в ходе научно-исследовательской работы можно сделать следующий вывод а том, что есть определенная необходимость в проектировании и создания отечественного стандарта передачи данных для информационной инфраструктуры нефтегазодобывающего предприятия, позволяющего использовать отечественные технологии добычи, бурения, подземной навигации, систем мониторинга подземного состояния месторождения и устья скважин, поддержания пластового давления и т.д.. Стандарт должен быть единым, чтобы не повторять ошибок “Energistics”, который сейчас вынужден интегрировать данные разных стандартов. Можно взять за основу схему стандартов “Energistics”, но расширить ее данные специфичными для российского нефтепромысла отечественными объектами, размерностями, оборудованием, операциями, значениями, так как язык XML описания стандартов это допускают. В частности, это позволит решить проблему использования импортного оборудования на промыслах - простая интеграция с моделирующим комплексом. По существу, схема данных национального стандарта определяет состав данных передаваемых от месторождения к потребителям. Если используется стандарт передачи данных, то можно предать только стандартизованные данные. Структура схемы данных состоит из объектов, подобъектов и данных к ним (скважина, ствол, параметры

скважины и т.д.) Вообще создать новый стандарт, который отражал бы все производственные процессы при бурении и добычи задача очень трудоёмкая и требует участия большого количества разнообразных специалистов. В этом случае можно поступить следующим образом:

1) Создание специализированного веб-сайта (форума), куда будет разрешен доступ только специалистам нефтяной отрасли, где все участники будут вносить свои предложения по формированию схемы данных;

2) Сотрудничество с отечественными фирмами – применение методов системного анализа для разработки общей информационной модели всего предприятия, взятие параметров с их специализированного оборудования с последующим расширением схемы данных национального стандарта, на основе взятых параметров;

3) Разработка модели стандарта по типу E&P Business Process Reference Model консорциума “Energistics”, но с учётом отечественных технологических, экономических и законодательных особенностей. А также российских государственных стандартов в области недропользования;

4) На следующем этапе строится Common Information Model (CIM), общая информационная модель объектов электроэнергетики, описывающая стандартным образом информационную инфраструктуру предприятия, а также Generic Interface Definition (GID), спецификация интерфейсов, которые позволяют организовать взаимодействие систем;

5) Разработка общей архитектуры применения стандарта, программных компонент, методов обновления, добавления и утверждения объектов в схеме данных;

6) Разработка методов программной реализации агентов и серверных платформ поддержки стандарта, с последующим его утверждением.

#### **Список использованных источников**

1. WITSML Standards [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energistics.org/drilling-completions-interventions/witsml-standards> (дата обращения: 04.05.2017).
2. Common information model [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dmtf.org/standards/cim> (дата обращения: 25.05.2017).
3. Energistics – standards development life cycle [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energistics.org/standards-development/standards-development-life-cycle> (дата обращения 28.05.2017).

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Демешко М.В., Канаева И.А., Ботыгин И.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Ботыгин И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[iap15@tpu.ru](mailto:iap15@tpu.ru)

### Введение

Существенное влияние на автомобильную дорогу оказывают погодно-климатические условия, например, в весенний период времени резко снижается несущая способность дорог из-за переувлажнения основания земляного полотна, а в летний период при высоких положительных температурах воздуха ( $25^{\circ}\text{C}$  и выше) в дневное время ухудшаются прочностные свойства покрытий, содержащих органические вяжущие. Под воздействием повышенных осевых нагрузок транспорта покрытие деформируется с развитием вмятин, сдвигов, наплывов, волн, бугров и впадин, колеи, что приводит к резкому снижению безопасности дорожного движения [1]. В целях сохранения покрытий автомобильных дорог вводятся сезонные ограничения массы и нагрузок на оси транспортных средств при их движении по автомобильным дорогам. Для корректного выбора точного периода, на который будет введено ограничение, необходимо производить предварительное наблюдение за состоянием грунтов дорожной конструкции.

Одним из основных факторов, влияющим на снижение несущей способности конструкций, является режим промерзания [2]. Для определения периода ограничений осевых нагрузок на дорогах общего пользования Ямало-Ненецкого автономного округа были проведены полевые наблюдения за температурным режимом грунта земляного полотна на глубине 2,1 м, 1,8 м, 1,5 м, 1,2 м, 0,9 м, 0,6 м, 0,3 м.

### Визуализация данных

Для визуализации таких метеорологических данных удобно использовать обычные двумерные графики, показывающие зависимость исследуемого параметра от времени. В случае работы с большим объемом данных или при возникновении необходимости рассмотрения данных на различных интервалах и при различных масштабах, может возникнуть следующая проблема: одна элементарная единица отображения (например, пиксель) может содержать в себе несколько точек графика. В таком случае важно сохранить смысловую нагрузку графика и не потерять ключевые значения в результате визуализации. Для этого могут быть использованы различные алгоритмы прореживания данных.

### Прореживание данных с постоянным шагом

Наиболее простым способом прореживания является отображение каждой  $n$ -ой точки (число  $n$  будем называть шагом прореживания). Очевидно, что чем больше число  $n$ , тем меньше точек будет содержать результат визуализации. На рисунках 1 и 2 представлены графики зависимости температуры грунта на глубине 0,3 м от времени до прореживания и после прореживания с шагом 4.

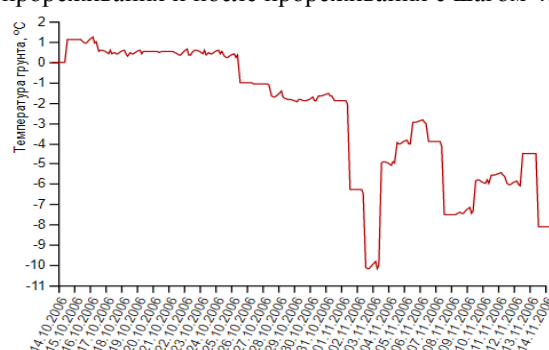


Рис. 1. График температуры до прореживания

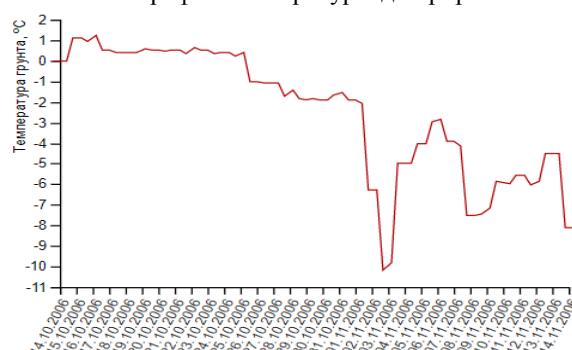


Рис.2. График температуры после прореживания

Преимуществом такого подхода является простота реализации, а основным недостатком - возможность потери информативных выбросов.

### Прореживание данных с помощью окна

Следующим способом прореживания данных является прореживание с использованием окна. Этот метод сокращает мощность множества исходных точек за счет замены группы из  $k$  множеств одной точкой. Результат зависит от способа выбора точки. В качестве значения ординаты результирующей точки может быть выбрано среднее значение по текущим  $k$  точкам. В качестве абсциссы может быть выбрана как медианная абсцисса, так и средняя. На рисунках 3 и 4 представлен результат применения прореживания со средней ординатой ( $k = 3$ ) и

медианной ординатой ( $k = 5$ ) к графику, приведенному на рисунке 1.

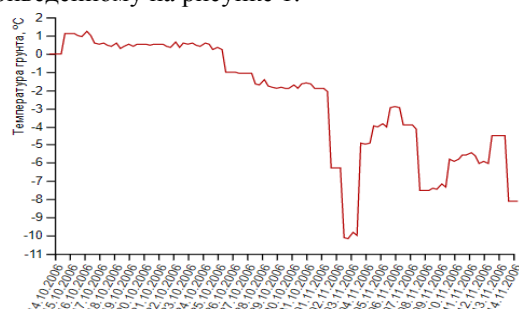


Рис. 3. График температуры после прореживания с  $k = 3$  со средней ординатой

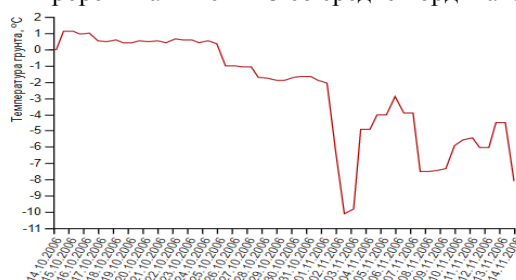


Рис. 4. График температуры после прореживания с  $k = 4$  с медианной ординатой

Метод прореживания с  $k = 4$  с медианной ординатой сохраняет информативные пики и провалы, важные для последующего анализа.

### Аппроксимация данных

В некоторых случаях бывает удобнее работать с аппроксимированным графиком. На рисунках 5 и 6 представлен результат визуализации с использованием сплайнов Катмулла-Рома [3] и В-сплайнов [4].

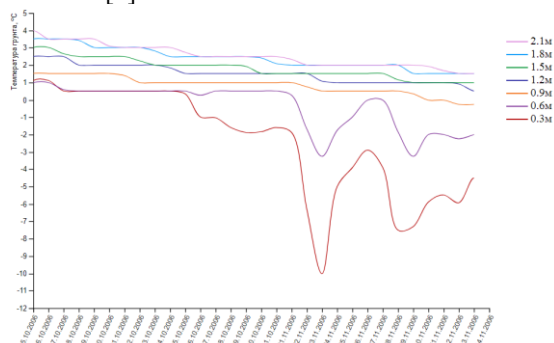


Рис. 5. Результат аппроксимации сплайнами Катмулла-Рома

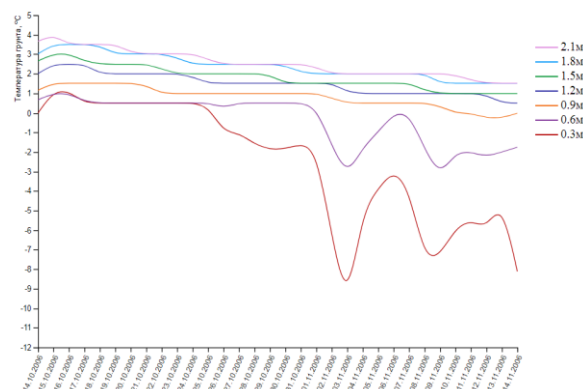


Рис. 6. График зависимости температуры грунта от времени на различных глубинах после аппроксимации В-сплайнами

### Заключение

В работе представлены результаты визуализации и статистического анализа метеорологических данных. Рассматриваемые алгоритмы помогают не только сохранить репрезентативность графика, но и ускорить процесс его отображения и дальнейшей работы с ним. Некоторые из рассмотренных алгоритмов решают поставленную задачу хуже других, но могут быть применены на других этапах обработки метеорологических данных.

### Список использованных источников

1. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования / Отраслевой дорожный методический документ. – Москва, Министерство транспорта РФ, 2004.
2. Киряков Е.И., Ефименко В.Н. Уточнение методики прогнозирования параметров водно-теплового режима земляного полотна применительно к районам глубокого сезонного промерзания / Обеспечение качества автомобильных дорог в условиях Сибири. – Кемерово: Изд-во Кузбасс. гос. техн. ун-та, 1997. – С. 32-36.
3. Квасов Б.И. Методы изометрической аппроксимации сплайнами. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 360 с. – ISBN 5-9221-0733-X.
4. Catmull, E., and Rom, R. A class of local interpolating splines. In Computer Aided Geometric Design, R. E. Barnhill and R. F. Reisenfeld, Eds. Academic Press, New York, 1974, pp. 317–326

## НЕЧЕТКАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ МС-ПОТОКОВ СОБЫТИЙ

А.Ту Нгуен, А.М. Корилов  
Томский политехнический университет  
nguyenanhtu@tpu.ru

### Введение

Искусственные нейронные сети (НС) технологии занимают лидирующие позиции среди современных информационных технологий. В [1] предлагаются новые модели нечетких НС (ННС), использующих нечеткие функции активации (ФА) нейронов ННС. В настоящей работе исследуется возможность применения этих моделей ННС для решения задач кластеризации параметров МС (Markov Chain)–потоков событий, широко применяемых для решения многих прикладных задач в транспортных системах, системах связи и компьютерных сетях.

### Наборы данных для обучения ННС

Эксперименты по нейросетевой кластеризации МС-потоков событий выполнены на основе ННС, структура которой может быть представлена в виде многослойной однонаправленной сети. ННС состоит из входного слоя, одного скрытого слоя и выходного слоя. Скрытый слой состоит из 10 нейронов с нечеткими ФА, виды которых для нечетких нейронных сетей второго типа представлены в [1]. В этой же работе представлены четыре вида нечетких ФА, которые используются далее в настоящей работе.

Входными данными являются потоки, состоящие из 500 случайных процессов с параметром  $\lambda_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ). Данные каждого процесса получены из 1000 моментов времени. То есть, входные данные можно представить в виде матрицы размерности  $5000 \times 1000$ . Выходные данные также являются матрицей-вектором размерности  $5000 \times 1$ , состоящей из значений  $1, 2, \dots, 10$  соответственно с параметрами  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{10}$ .

### Алгоритм кластеризации K-средних

Для кластеризации параметров случайных процессов предлагается использовать алгоритм кластеризации K-средних, который является простым повторяющимся алгоритмом кластеризации, разделяющий определенный набор данных на заданное пользователем число кластеров  $k$  [2]. В нашей работе начальные точки алгоритма K-средних генерируются случайно и количество классов равно десяти.

### Описание ФА

Приведем описание ФА вида б [1] (рис.1).

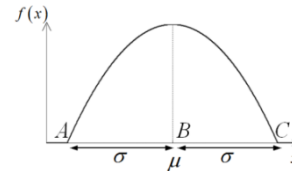


Рис. 1. Внешний вид ФА вида б

Набор точек  $\langle A, B, C \rangle$  на рисунке 1 является характеристическими точками ФА.

Известно, что  $f_L(x)$ ,  $f_R(x)$  являются полиномами второго порядка и  $f_L'(x) = 0$ ,  $f_R'(x) = 0$  в характеристических точках, т.е.

$$f_L(x) = \sum_{i=0}^2 a_i x^i \quad f_R(x) = \sum_{i=0}^2 b_i x^i. \quad (1)$$

Для ФА вида б [1], коэффициенты полиномов  $f_L(x)$  и  $f_R(x)$  задаются следующими выражениями:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{A^2}{(A-B)^2}; \quad a_1 = \frac{-2A}{(A-B)^2}; \quad a_2 = \frac{1}{(A-B)^2}; \\ b_0 &= \frac{C^2}{(B-C)^2}; \quad b_1 = \frac{-2C}{(B-C)^2}; \quad b_2 = \frac{1}{(B-C)^2}. \end{aligned} \quad (2)$$

Зададим  $AB = BC = \sigma$ ; и  $B = \mu$ . Тогда  $f_L(x)$  и  $f_R(x)$  определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} f_L(x) &= \frac{1}{\sigma^2} x^2 + \frac{-2(\mu-\sigma)}{\sigma^2} x + \frac{(\mu-\sigma)^2}{\sigma^2}, \quad \mu-\sigma \leq x \leq \mu \\ f_R(x) &= \frac{1}{\sigma^2} x^2 + \frac{-2(\mu+\sigma)}{\sigma^2} x + \frac{(\mu+\sigma)^2}{\sigma^2}, \quad \mu \leq x \leq (\mu+\sigma) \end{aligned} \quad (3)$$

$\mu$  и  $\sigma$  называются центром и шириной функций активации.

Пусть  $a = (\mu-\sigma)$  если  $\mu-\sigma \leq x \leq \mu$  и  $a = (\mu+\sigma)$  если  $\mu \leq x \leq (\mu+\sigma)$ , тогда получим общее описание (обобщенная) ФА вида с:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma^2} x^2 + \frac{-2a}{\sigma^2} x + \frac{a^2}{\sigma^2}. \quad (4)$$

Аналогично описываются ФА других видов [1].

### Вычисление центров и ширины ядра функций активации

Алгоритм кластеризации K-средних используются для определения центра и ширины ФА нейронов ННС. Каждый кластер соответствует ядру ФА. Расположение центров ядра ФА определяется с помощью следующего уравнения:



$$\mu_i = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p X_j, \quad (5)$$

где  $\mu_i$  является центром  $i$ -ого нечеткого скрытого нейрона;  $p$  - количество данных в формируемом кластере;  $X_j$  -  $j$ -ый данный в  $i$ -ом кластере.

Настройка ширины ядра является трудной проблемой при построении ННС. Ширина ядра устанавливается на среднее расстояние между данными соответствующего кластера:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{j=1}^p (X_j - \mu_i)^2} \quad (6)$$

где  $\sigma_i$  является шириной  $i$ -ого нечеткого скрытого нейрона,  $\mu_i$  является центром  $i$ -ого нечеткого скрытого нейрона. Ширина ядра (5) гарантирует, что отдельные ФА не слишком острые или/и не слишком плоские.

#### Обучение ННС с использованием тестовых наборов данных

При построении ННС, задача корректировки весов сети между скрытым слоем и выходным слоем может быть отнесена к задачам оптимизации, обычно решаемыми методом наименьших квадратов. Веса ННС между скрытым слоем и выходным слоем рассчитываются с использованием метода псевдообращения [3].

$X_1, X_2, \dots, X_N$  представляют собой входные наборы данных о пространственных входных признаках, которые представляют собой реализации случайных процессов. Выход у ННС в наблюдаемый момент времени  $j$  ( $j = 1; 2; \dots; N$ ,  $N$  - количество наблюдаемых времени) имеет следующий вид

$$y_j = \sum_{i=1}^k w_i f(x_i), \quad j = 1; 2; \dots; N \quad (7)$$

где  $w_i$  - вес между выходным нейроном и  $i$ -ым скрытым нейроном,  $f(x)$  - обобщенная ФА,  $k$  - число нейронов скрытого слоя.

Уравнение (6) можно записать в виде:

$$Y = \Phi w$$

$$\Phi(\mu, \sigma, X) = \begin{bmatrix} \varphi_1(\mu_1, \sigma_1, X_1) & \dots & \varphi_K(\mu_K, \sigma_K, X_1) \\ \dots & \dots & \dots \\ \varphi_1(\mu_1, \sigma_1, X_N) & \dots & \varphi_K(\mu_K, \sigma_K, X_N) \end{bmatrix}$$

$$v = 1; 2; \dots; N \quad (8)$$

$\varphi$  - функция активации. Матрица  $\Phi$  (размерность  $N \times K$ ) называется выходной матрицей скрытого слоя нейронной сети;  $i$ -я строка  $\Phi$  является  $i$ -м скрытым выходным нейроном относительно входов  $X_1, X_2, \dots, X_N$ .

Пусть  $T$  - матрица выходных данных обучения. Если  $\Phi w = T$ , то выходные веса  $w$  вычисляются по формуле

$$w = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T T, \quad (9)$$

где  $(\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T$  является обобщенной псевдообратной выходной матрицей Мура-Пенроуза скрытого слоя.

Итак, основные параметры ННС определяются путем вычисления центров и ширины с использованием алгоритма кластеризации К-средних и определения весов выходного слоя ННС с использованием метода псевдообращения.

#### Результаты тестирования

Эксперименты проводились на базе процессора Core i5-4460 3,2 ГГц с 8 ГБ ОЗУ под MATLAB R2013a. В эксперименте набор данных тестирования генерируются случайно. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

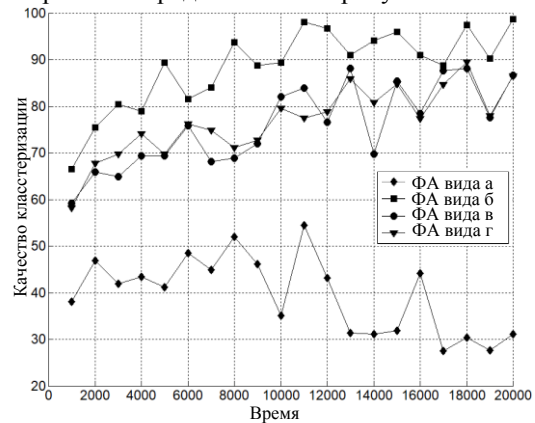


Рис. 2. Эффективность кластеризации по интенсивности МС-потоков событий

Анализ графиков на рисунке 2 показывает что, разрабатываемые нами модели ННС успешно решают задачи кластеризации интенсивности МС-потоков событий. При решении подобных задач ННС с ФА вида б имеют более высокую эффективность.

#### Заключение

Результаты исследования подтверждают эффективность применения ННС для решения задач кластеризации интенсивности марковских случайных потоков событий.

#### Список использованных источников

1. Нгуен А.Т., Кориков А.М. Модель нейронной сети с нечеткими функциями активации для прогнозирования временного ряда // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2016. – Т. 19. – № 4. – С. 50-52.
2. Пирсон Л. Наука данных для чайников / Л. Пирсон. – М.: Джон Уайли & сыновья, 2015. – 408с.
3. Сараев П.В. Использование псевдообращения в задачах обучения искусственных нейронных сетей // Электронный журнал "Исследовано в России". – 2001. - № 29. – С. 308-317.



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ КАФЕДРЫ УНИВЕРСИТЕТА: ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ

Саклаков В. М., Видман В. В., Видман А. Я.  
Научный руководитель – к. т. н. Иванов М. А.  
кафедра ПИ, Томский политехнический университет  
romanov\_ky@mail.ru

### Введение

В современной экономике инновационного типа университет является основным звеном, обеспечивающим экономический рост региона, занятость населения, другие важные показатели [1-6]. Эффективность его работы как организации развития во многом зависит от управляемости на разных уровнях. В свою очередь управляемость зависит от характера существующих информационных потоков. Так как информация «сама по себе» практически утратила прежнее значение из-за ее постоянно возрастающего объема, то и традиционные методики ее хранения и обработки нуждаются в пересмотре. Необходимо переходить от хранения данных к управлению информацией [7].

### Актуальность

В настоящее время на уровне Томского политехнического университета имеется около 20 различных информационных систем, поддерживающих его работу. На уровне основного структурного подразделения – отдельной кафедры можно выделить проблему отсутствия единой информационной системы мониторинга, контроля и управления проектами. В результате ТПУ и окружающая его инфраструктура несет издержки от неэффективной реализации научных, инновационных, производственных и образовательных процессов.

Целью данного проекта является проектирование и разработка комплексной информационной системы управления проектами на уровне отдельной структурной единицы – кафедры. Целью настоящей работы является проведение анализа и выделение основных разделов, которые должны содержаться в рамках разрабатываемой системы.

### Основная часть

Проектирование информационной системы управления кафедрой следует начинать с анализа существующих процессов. Экономическая наука выделяет [8] четыре базовых экономических процесса: *учебный, научный, инновационный и производственный*. Их определения исходят из ранее разработанного алгоритма построения промежуточных моделей развития [9]:

- Учебный процесс – процесс перехода человеческих ресурсов из базового состояния в нормативное;

- Научный процесс – процесс перехода научных знаний из базового состояния в нормативное;

- Инновационный процесс – процесс перехода инновационных разработок от базового состояния (идея) к нормативному (внедрение в производственный процесс);

- Производственный процесс – процесс освоения рынка за счет масштабирования существующих технологий.

С другой стороны, на уровне кафедры можно выделить следующие **институциональными процессами** из ранее разработанной классификации институтов развития [10]:

1. Профильного развития человеческого капитала;
2. Выполнения НИОКР;
3. Коммерциализации результатов НИОКР;

Сведем две категории этих процессов получим матрицу модулей ИС, которые необходимо разработать (см. табл. 1 и табл. 2).

Таблица 1. Матрица научных, инновационных и производственных модулей Информационной системы

Институциональная функция / Процесс	Научный, инновационный, производственный
Профильного развития человеческого капитала	1. «Образовательная траектория научных и инженерных кадров» 2. Обновление информационной системы конференции МСИТ
Выполнения НИОКР	Создание системы управления проектами, включающий модули: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Фундаментальные исследования</li> <li>• Прикладные исследования</li> <li>• Инновационные разработки</li> <li>• Подготовка к производству</li> </ul>
Коммерциализации результатов НИОКР	Создание системы управления проектами, включающий модули: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Диспетчирование;</li> <li>• Бюджетирование;</li> <li>• планирование задач и ресурсов</li> </ul>

Таблица 2. – Матрица учебно-методических модулей Информационной системы

Институциональная функция / Процесс	Учебно-методический
Профильного развития человеческого капитала	1. Создание шаблонов лабораторных работ 2. Наполнение базы лабораторных работ
Выполнения НИОКР	1. Создание шаблонов проведения научной работы и описания ее результатов 2. Формирование базы публикаций кафедры по направлениям работ

Для оценки полноты предложенной схемы применялось сравнение с известными системами институциональных функций, моделями инновационных процессов и теориями экономического роста:

1. Институциональные функции инновационной системы, как *системы управления* [1]:

- Разработка политики, координация, контроль и оценка;
- Выполнение исследований и разработок (основное, доконкурентное, прикладное);
- Финансирование исследований и разработок;
- Поощрение развития человеческих ресурсов и их мобильности;
- Диффузия технологий;
- Продвижение технологического предпринимательства;

2. Модель системы процессов генерации, распространения и использования знаний как ядра постиндустриальной экономики;

3. Модель процесса постоянной генерации инноваций в экономической системе (три колеса), объединяющая производственный, инновационный и научный циклы и позволяющая анализировать процессы развития индустриальной экономики;

4. Другие теории и модели экономики, основанной на знаниях.

#### Заключение

Автор не претендует на бесспорность предложенной матрицы, однако она уже сейчас может быть использована как **рабочий инструмент оценки эффективности деятельности кафедры исследовательского университета**.

Проектирование и разработка ИС для кафедры Программной инженерии Института кибернетики Томского политехнического университета является сложной и носит длительный характер. Однако уже имеющееся модель бизнес-процессов позволяет начать разработку ее первого прототипа.

В дальнейшем, с целью формирования стратегии развития кафедры Оптимизации систем

управления, будет осуществляться процесс моделирования существующих процессов на кафедре, нормативного состояния и промежуточных моделей развития.

#### Список использованных источников

1. Managing National Innovation Systems, OECD, Paris, 1999.

2. Ицковиц Г. Тройная спираль. Университеты - предприятия - государство. Инновации в действии / Генри Ицковиц; пер. с англ. под ред. А.Ф. Уварова. - Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. - 238 с.

3. Тропический лес. Секрет создания следующей силиконовой долины / В. Хван, Г. Хоровитт; пер. с англ. под ред. А. Ф. Уварова. - Томск : изд-во Томск. Гос. Ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2012. - 332 с.

4. Концепция долгосрочного социально-экономического развития РФ до 2020 года.

5. Стратегия государственной национальной политики Российской Федерации на период до 2025 года.

6. Аллингтон М. А. Мэтьюз Дж. Р. Коммерческое развитие российских научно-исследовательских институтов / под общ. ред. М. А. Аллингтона, Дж. Р. Мэтьюза. - М.: Центр регионального научно-технического сотрудничества «Ренатехс» при Президиуме РАН, 2001. - 486 с.

7. От хранения данных к управлению информацией / ЕМС. - СПб.: Питер, 2010. - 544 с.: ил.

8. Монастырный Е. А. Методологическое обеспечение развития региональной инновационной системы в условиях современной экономики России : диссертация на соискание ученой степени докт. экон. наук / Е. А. Монастырный. - Томск., 2009. - 332 с.

9. Монастырный Е. А., Саклаков В. М. Инвестиционные модели развития. Приток и отток иностранных инвестиций в России [Электронный ресурс] // Инновации. - 2015 - №. 10 (204). - С. 27-34. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=25683863>

10. Саклаков В. М. Классификация институтов развития как инструмент анализа российской инвестиционной модели развития [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. - 2015 - №. 3(18). - С. 57-74. - Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/1372>

## ОЦЕНИВАНИЕ ТОЧНОСТИ СИНТЕЗА САУ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ В ОБЛАСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Тхан В.З., Берчук Д.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[dungvietthan@gmail.com](mailto:dungvietthan@gmail.com)

### Введение

Синтез систем автоматического управления (САУ) объектами с запаздыванием имеет свои особенности, из которых главная - наличие трансцендентной составляющей  $e^{-p\tau}$  в составе передаточной функции, что приводит к определенным трудностям синтеза регулятора и оценивания точности полученного решения.

Одним из эффективных способов построения САУ такого класса является использование предиктора Смита [3]. Однако он распространяется только на объекты со стационарными параметрами, в иных случаях ухудшается робастность САУ [3]. В таких случаях применяют классические регуляторы, проверяя свойства синтезированных САУ. Такой анализ осложняется тем, что невозможно получить наиболее необходимую для анализа функцию – точную переходную характеристику системы. В этих условиях приходится использовать либо приближенную переходную характеристику, либо частотное представление САУ. У каждого из этих вариантов есть свои ограничения. В первом случае – необходимость аппроксимации выражения  $e^{-p\tau}$  дробно-рациональной дробью, второй вариант позволяет хорошо анализировать лишь частотные свойства САУ.

В работе предлагается третий путь оценивания свойств САУ с запаздыванием. Для этого привлекается характеристики мнимых частот и вещественный интерполяционный метод (ВИМ), базирующиеся на преобразовании Лапласа [1,4]. Метод использует в качестве математической модели изображение по Лапласу  $F(p)$ ,  $p = \delta + j\omega$ . В таком изображении можно выделить два частных случая: при  $\delta = 0$  получают частотную функцию  $F(j\omega)$ , при  $\omega = 0$  – вещественное изображение  $F(\delta)$ ,  $\delta \in [C, \infty]$ ,  $C \geq 0$ .

Особенность последнего представления состоит в наличии вещественной переменной  $\delta$ , что позволяет привлечь для действий над функциями  $F(\delta)$  хорошо разработанные аналитические и численные методы, а при аппаратно-программной реализации – микропроцессорные средства.

Следуя [2], будем исходить из того, что задача синтеза регулятора решена и предстоит выполнить очередной этап – оценить близость двух систем – желаемой и синтезированной САУ по их передаточным функциям  $W_{\text{жс}}^3(p)$  и  $W_c^3(p)$ . В общем случае такое сопоставление можно сделать непосредственно по передаточным функциям, например, в виде отклонения

$$\Delta W^3(p) = W_{\text{жс}}^3(p) - W_c^3(p). \quad (1)$$

К сожалению, воспользоваться этим выражением практически невозможно. Поэтому приходится переходить к одному из трех ранее выделенных вариантов. Два первых известны, поэтому обратимся к третьему.

С этой целью заменим в (1) комплексную переменную  $p$  на вещественную  $\delta$ , используя рекомендации из [1] и получим  $\Delta W^3(\delta) = W_{\text{жс}}^3(\delta) - W_c^3(\delta)$ . Это соотношение оказывается более приемлемым для практических действий, в частности, все входящие в равенство функции имеют графическое представление, что делает его наглядным и более понятным.

Полученная функция  $\Delta W^3(\delta)$  не является единственной формой для сравнения желаемой и синтезированной систем. Она вытекает из принятого способа формирования уравнения синтеза САУ на основе использования моделей замкнутых САУ. Между тем на практике более простым вариантом считается составление уравнения синтеза, которое использует передаточные функции разомкнутых систем. В этом случае закономерно сравнивать САУ в разомкнутом состоянии, что приводит функции  $\Delta W^p(\delta) = W_{\text{жс}}^p(\delta) - W_c^p(\delta)$ . Этот вариант также обладает высокой наглядностью, что важно для практического использования.

Для успешного и обоснованного применения функций  $\Delta W^3(\delta)$  выясним их смысл. Для этого найдем связь  $\Delta W^3(\delta)$  с динамическими характеристиками в области времени. Наиболее просто такую зависимость установить с оригиналом  $\Delta k(t)$  функции  $\Delta W^3(\delta)$ . С этой целью введем обозначения импульсных переходных характеристик (ИПХ) желаемой и синтезированной систем: для желаемой и синтезированной систем:  $k_{\text{жс}}^3(t) \doteq W_{\text{жс}}^3(\delta)$ ,  $k_c^3(t) \doteq W_c^3(\delta)$ . Теперь, используя эти обозначения, развернем соотношение (1):

$$\begin{aligned} \Delta W^3(\delta) &= W_{\text{жс}}^3(\delta) - W_c^3(\delta) = \\ &= \int_0^\infty k_{\text{жс}}^3(t) e^{-\delta t} dt - \int_0^\infty k_c^3(t) e^{-\delta t} dt = \int_0^\infty \Delta k^3(t) e^{-\delta t} dt. \end{aligned}$$

Входящая в это соотношение функция  $\Delta k^3(t)$  представляет собой отклонение ИПХ синтезированной системы от желаемой:  $\Delta k^3(t) = k_{\text{жс}}^3(t) - k_c^3(t)$ . Для установления характера взаимосвязи изображения  $\Delta W^3(\delta)$  и оригинала  $\Delta k^3(t)$  рассмотрим несколько частных случаев.

Положим в последнем соотношении  $\delta = 0$ . В этом случае величина  $\Delta W^3(\delta)|_{\delta=0} = \Delta W^3(0)$  определится равенством  $\Delta W^3(0) = \int_0^{\infty} \Delta k^3(t) dt$ .

Используя геометрический смысл величины  $\Delta W^3(0)$  – площадь, ограниченная подынтегральной функцией  $\Delta k^3(t)$  – можно заключить: наилучший результат достигается при  $\Delta W^3(0) = 0$ . В то же время не следует переоценивать роль и значение условия  $\Delta W^3(0) = 0$ . Дело в том, что интеграл может быть равен нулю или близок нему не только при малых значениях функции  $\Delta k^3(t)$ , но и в случае ее осциллирующего характера, когда площади под отрицательными и положительными участками функции  $\Delta k^3(t)$  примерно равны. Поэтому равенство следует рассматривать как условие, необходимое для получения наибольшей точности.

Выделим еще одно условие, относящееся к предельным значениям функции  $\Delta W^3(\delta)$ . При  $\delta \rightarrow \infty$  функция  $\Delta W^3(\delta) = W_{\text{ж}}^3(\delta) - W_c^3(\delta)$  должна стремиться к нулю, исходя из требований точности. Можно показать, что это условие в большинстве случаев выполняется без принятия каких-либо дополнительных мер.

Наконец, в более общем случае, когда задается произвольное значение переменной  $\delta_i$ , отличное от нуля и бесконечности, связь между величинами  $\Delta W^3(\delta_i)$  и функцией  $\Delta k^3(t)$  определится

соотношением  $\Delta W^3(\delta_i) = \int_0^{\infty} \Delta k^3(t) e^{-\delta_i t} dt$ . Для

выяснения его физического смысла обратимся к геометрическому толкованию: величина  $\Delta W^3(\delta_i)$  равна площади, ограниченной функцией  $\Delta k^3(t) e^{-\delta_i t}$ . При этом функцию  $e^{-\delta_i t}$  можно рассматривать как весовую. В этом случае можно дать определенные рекомендации по повышению точности решений задач синтеза. Кратко суть их сводится к возможности перераспределению погрешности на интервале переходного процесса между участками малых и больших значений времени, используя вес  $e^{-\delta_i t}$ , а величину  $\delta_i$  как инструмент.

Таким образом, предлагаемый подход к оцениванию точности решения задач синтеза САУ с запаздыванием обладает двумя особенностями: 1. он позволяет создавать системы с контролем точности в области вещественных изображений, которые отличаются малыми вычислительными затратами; 2. получаемые оценки и функции позволяют перераспределять погрешность синтеза на интервале приближения как в области времени, так и в области вещественных изображений.

Для пояснения подхода приведем результаты оценивания точности решения задачи, рассмотренной в работе [2]. Были получены

желаемая передаточная функция  $W_{\text{ж}}^3(p) = \frac{21p+1}{794p^2+42p+1}$  и синтезированной системы

$$W_c^3(p) = \frac{6.7p+0.048}{584p^4+1172p^3+154p^2+(6.7 \cdot e^{-3p}+1)p+0.048 \cdot e^{-3p}} \cdot e^{-3p}$$

На рис. 1 приведен график функции  $\Delta W^3(\delta) = W_{\text{ж}}^3(\delta) - W_c^3(\delta)$ , который показывает погрешность решения.

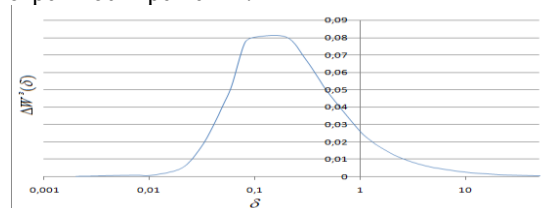


Рис. 1. График отклонения синтезированной передаточной функции  $W_c^3(\delta)$  от желаемой

$$W_{\text{ж}}^3(\delta)$$

По графику можно определить численную оценку близости систем, например, вида  $\max_{\delta} \Delta W^3(\delta) = |W_{\text{ж}}^3(\delta) - W_c^3(\delta)| = 0.080168$  или интегральную оценку. Такие оценки могут быть использованы для сопоставления нескольких систем с целью выбора из них лучшей.

Предложенный путь оценивания систем с запаздыванием может быть использован в обычных расчетах систем указанного класса. Но более важно другое применение, связанное с малым объемом вычислений. Оно открывает перспективы применения в области построения адаптивных САУ с запаздыванием, для которых важно снижение вычислительных затрат.

#### Список использованных источников

1. А.С. Алексеев, А.А. Антропов, В.И. Гончаров, С.В. Замятин, В.А. Рудникий. Вещественный интерполяционный метод в задачах автоматического управления - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. - 217с.
2. Тхан В.З., Берчук Д.Ю. Системы автоматического управления объектами с запаздыванием: робастность, быстродействие, синтез // Программные продукты и системы. 2017. Т. 30. № 1. С. 45–50.
3. Бажанов В.Л. Предиктор Смита в замкнутых системах управления с цифровыми регуляторами // Автоматизация в промышленности. 2009, №8.
4. Огурк И.А. Новые методы синтеза линейных и некоторых нелинейных динамических систем. М.-Л.: Наука, 1965. 207с.
5. Mincho Hadjiski. Ekaterina Ivanova. Robust tuning procedures of dead-time compensating controllers. IFAC Proceedings Volumes. Volume 37, Issue 19, October 2004, Pages 217-222.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТОДОМ БУКСИРНОГО ПОЛИРОВАНИЯ

Н.В. Лаптев

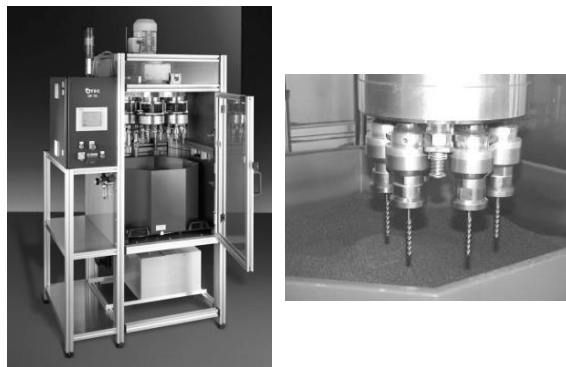
Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.С. Бабаев  
(НИ ТПУ, г. Томск)

Лаптев Н.В. – 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
E-mail: nikitalaptev77@gmail.com, babaevartyom@tpu.ru

**Ключевые слова:** буксирное полирование, кинематика станка, планетарное движение, режущий инструмент, моделирование траектории.

**Аннотация.** В процессе финишной обработки важно получить стабильную режущую кромку для получения стабильных эксплуатационных характеристик инструмента. Необходимые параметры микрогеометрии можно достичь методом буксирной обработки (Drag - finishing process). К достоинствам данного метода можно отнести низкий разброс значений округления режущей кромки в пределах 3мкм., жесткое закрепление инструмента, высокую интенсивность полирования в результате совершаемого сложного планетарного движения, а также возможность полирования винтовой канавки. Ключевые параметры, влияющие на округление режущей кромки: время обработки, абразивная смесь и частота вращения планетарного механизма. Увеличение частоты вращения приводит не только к более интенсивному абразивному изнашиванию, а также к изменению траектории движения режущего инструмента в абразивной среде. В данной статье будет описана математическая и компьютерная модель сложного планетарного движения буксирного оборудования.

**Введение.** Финишная обработка методом буксирного полирования на оборудование серии DF, фирмы Otес (Германия), осуществляется следующим образом. Обрабатываемая деталь закрепляется в держателе, роль которых выполняют стандартные цанги, патроны или специальные приспособления. Жёсткое закрепление исключает соударения в процессе обработки. Путём погружения в абразивную среду и тройного вращения реализуется сложное планетарное движение путём «протягивания» заготовок через абразивную смесь.



а

б

Рис. 1. Станок серии DF фирмы Otес,  
производитель Германия

а) Общий вид оборудования б) рабочая камера

Ключевыми параметрами процесса обработки являются: независимое вращение, скорость, глубина погружения в абразив, длительность обработки и абразивный материал.

**Теория.** Кинематика станка представлена движением трех органов: ротора, привода и шпинделей. Ротор и держатель привода приводится в движение электроприводом, а закрепленная в шпинделе деталь приводится в движение через зубчатую передачу, связанную с приводом держателя. Такое движение приводов моделирует так называемое планетарное движение, что позволяет получить максимальную производительность обработки.[5]

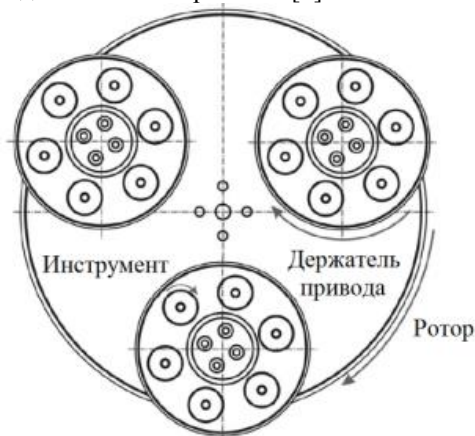


Рис. 2. Кинематическая схема движения  
заготовки

Рассмотрим схему работы приводов.



Представим точку на обрабатываемой детали. Данная точка описывает окружность вокруг оси шпинделя. Окружность которую описывает точка катится по окружности которую описывает держатель привода, который катится по окружности ротора, тем самым описывая сложную траекторию, которая зависит от частоты вращения каждого элемента кинематической схемы. Т.е. данную траекторию движением можно описать параметрическим уравнением 3-х окружностей:

$$x = r_1 \cdot \cos(\theta_1) - r_2 \cdot \cos(\theta_2) - r_3 \cdot \cos(\theta_3)$$

$$y = r_1 \cdot \sin(\theta_1) - r_2 \cdot \sin(\theta_2) - r_3 \cdot \sin(\theta_3)$$

где  $r_1$  – радиус ротора;  $r_2$  – радиус привода;  $r_3$  – радиус детали;  $\theta$  – угол поворота; знаки минуса и плюса показывают направление движения, знак "+" по часовой стрелке, "-" против часовой стрелки;

$$\theta = n_i \cdot \pi \cdot \frac{t}{30}$$

где  $\theta$  – угол поворота;  $i$  – частота вращения соответственно ротора, держателя и инструмента;  $t$  – время обработки;

Для визуализации движения точки были построены графики в программной среде Mathcad v15., разработчик RTC и для проверки уравнения была смоделирована анимация в программной среде Solid works версии SP3.0, разработчик DS SW Corporation с помощью утилиты Solid motion. По результатам компьютерного моделирования были получены различные траектории движения представленные на изображениях рис.3.

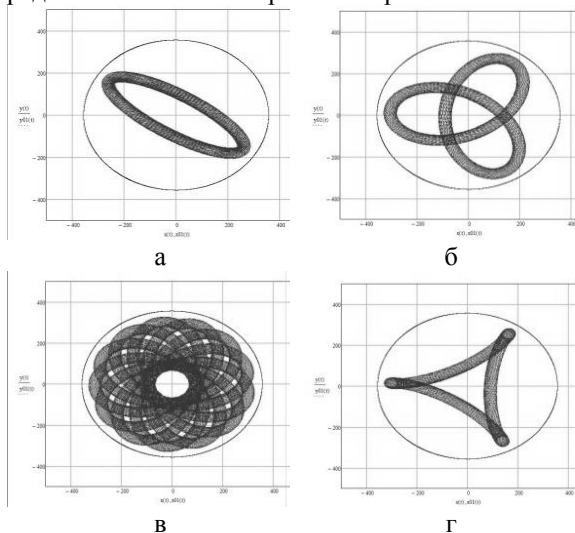


Рис. 3. Примеры движения точки на обрабатываемой детали выполненные в программном обеспечении Matcad v.15

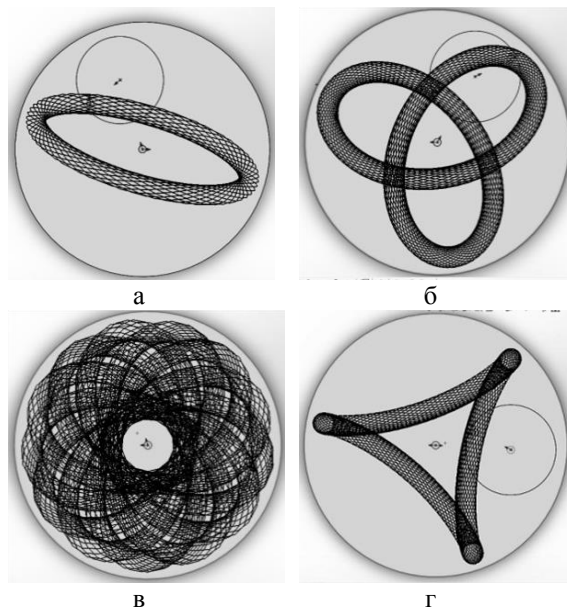


Рис. 4. Моделирование траектории движения с помощью программного обеспечения Solidworks версии SP3.0

Траектории построены при одинаковых частотах вращения и времени. На графиках видно, что траектории повторяют друг друга, что говорит о правильности выведенного уравнения. Математическая и компьютерная модели обеспечивают возможности для исследования в данной области. Становится возможным установление связи между траекторией движения и интенсивностью обработки, и расчет режимов обработки для различных деталей.

#### Список использованных источников

1. Frankowski G. et al. Real-time 3D Shape Measurement with Digital StripeProjection by Texas Instruments Micromirror Devices (DMD). Proc. of SPIE.V. 3958. (2000). P. 90-106.
2. Rodriguez C. Cutting edge preparation of precision cutting tools by applying micro-abrasive jet machining and brushing, Kassel University press GmbH, Kassel. (2009). 205 p.
3. Denkena, B. Cutting edge geometries. CIRP Annals / B. Denkena, D. Biermann// Manufacturing Technology. 63 (2). (2014). P. 631-653.
4. Бабаев А.С., Чарторийский В.П. Изучение микрогеометрии режущих кромок ружейных свёрл с использованием микроскопа MikroCAD // Обработка металлов (Технология, оборудование, инструменты). 2015. №2. С. 309-312.
5. Демме А., Циклоидальные кривые или трохоиды, Матем. просв., 1937, выпуск 11, 19–28.

## ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Жакишева Т. М., Погожев А. О.

Научные руководители: к. т. н., доцент Якимов Е. В., к. т. н., доцент Есенбаев С. Х.  
Национальный исследовательский Томский Политехнический университет, Томск, Россия  
Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Россия  
e-mail: taya\_9494@mail.ru

### Введение

Системы автоматики, телемеханики и связи прочно вошли в нашу жизнь. Они успешно решают задачи, связанные с организацией систем управления производственными процессами. Его оптимизация идет по двум основным направлениям: модернизация систем отрасли и увеличение пропускной способности материальных и информационных потоков между системами. Организация обмена информацией, ее передача неразрывно связана с кодированием.

### Актуальность

Задачей настоящей работы является анализ систем кодирования информации и последующей ее передачи в канал связи. В ходе работы приобретаются навыки разработки реального устройства передачи информации, соответствующего условиям эксплуатации.

### Основная часть

Современные системы передачи данных осуществляют синхронизацию передатчика и приемника путем применения самосинхронизирующихся кодов. Каждый переход сигнала от низкого уровня к высокому или наоборот используется для подстройки приемника. Наиболее пригодными являются обеспечивающие не менее одного раза в течение заданного интервала времени переход уровня сигнала на приеме одного бита информации. Проведем анализ наиболее распространенных видов кодирования.

**Потенциальный код без возвращения к нулю (NRZ - Non Return to Zero)** – для кодирования 0 и 1 применяется различный уровень сигнала. Данный способ кодирования является наиболее простым, но имеет в спектре постоянную составляющую. В случае передачи одноименных битов длинными сериями уровень сигнала для каждой из них остается неизменным. Данный фактор значительно уменьшает качество синхронизации, а также уровень надежности распознавания принимаемых битов.

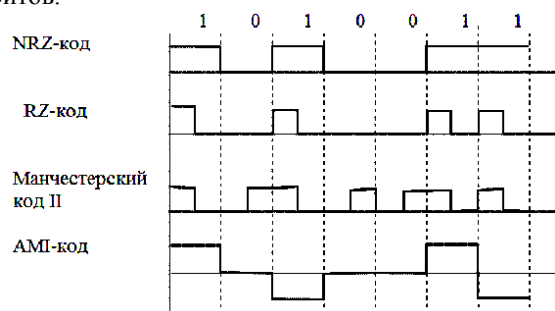


Рис. 1. Самосинхронизирующиеся коды

**Потенциальный код с возвращением к нулю (RZ - Return to Zero)** – разновидность кода,

аналогичная вышеописанному. Отличие заключается в возвращении на середине каждого интервала такта к нулю. Имеет большее число переходов уровня сигнала, чем сигнал в коде NRZ.

**Биполярное кодирование с альтернативной инверсией (АМI) –** в данном случае 0 кодируется нулевым потенциалом, а 1 – ненулевым (положительным, либо отрицательным). При этом каждая следующая единица имеет противоположный по знаку потенциал относительно предыдущей. Постоянная составляющая в спектре кода не содержится. Использование трех уровней сигнала, требует увеличения мощности передатчика. Данный вид кодирования обладает хорошими синхронизирующими свойствами при передаче серий единиц. Его реализация достаточно проста. Основной недостаток кода – ограничение на плотность нулей в общем потоке данных: потеря синхронизации происходит при длинных последовательностях нулей.

Для улучшения АМI-кодов применяют предварительное «перемешивание» исходной информации так, чтобы в передаваемой последовательности появление нулей и единиц имело равную вероятность.

**Манчестерский код (PE - Phase Encode, фазовое кодирование)** – в локальных сетях является наиболее популярным кодом. При перепадах потенциала, возникающими в середине такта, передается информация.

При кодировании единицы происходит перепад от низкого уровня к высокому, а при кодировании нуля наоборот. В начале каждого такта может происходить, а может и не происходить служебный перепад (он происходит, если в предыдущем такте передаваемый бит имел то же значение, что и в текущем). При представлении каждого бита манчестерский код обеспечивает изменение уровня сигнала, а при передаче серий одноименных битов – двойное изменение. Манчестерский код имеет, наилучшие синхронизирующие свойства, а также не имеет постоянной составляющей в спектре.

**Методы синхронизации.** Использование самосинхронизирующихся кодов обеспечивает побитовую синхронизацию, однако, для выявления начала и окончания потока бит и его разделения на байты (побайтовой синхронизации) следует использовать специальные методы.

В асинхронных протоколах каждый байт (или большая группа бит фиксированной длины) предваряются специальным старт-битовым набором и завершаются стоп-битами. Этот протокол, как правило, применяется для низкоскоростного взаимодействия с периферийными устройствами.

Информация в синхронных протоколах передается кадрами - большими блоками произвольной длины. Прежде всего, кадр предваряется фиксированной последовательностью бит, которая носит название - преамбула. Это нужно для того, чтобы обнаружить факт передачи и побитовой синхронизации. Начало и конец кадра после преамбулы обозначают флагами. На практике используют несколько специальных методов, для того, чтобы предотвратить нарушение порядка приема кадра при появлении в поле данных последовательности бит, которая совпадает со стоповым ограничителем.

Первый метод (битстаффинг) получен на вставке дополнительных бит, которые препятствуют появлению внутри поля данных закрывающего флага. К примеру, если закрывающий флаг равен 6 единицам, то после каждых пяти единиц вставляется ноль. Из принятой последовательности, на приемнике, любой ноль будет изыматься после пяти единиц.

Второй метод представляет собой передачу сведений о длине поля данных в заголовке кадра, который имеет фиксированную длину.

В третьем методе применяются ограничители кадра запрещенных кодов физического уровня. К примеру, в рассмотренном ранее манчестерском коде применяются два запрещенных состояния, при котором, в середине такта, уровень сигнала будет неизменно низким, в противном случае - неизменно высоким.

Методы обнаружения искажений информации реализуются при передаче избыточной информации в составе кадра. По данной избыточной информации судят о достоверности принятых данных. Эта служебная информация носит название - Frame Check Sequence (FCS), что переводится «последовательность контроля кадра», и, ее находят путем расчета функции от основной информации. На принимающей стороне снова высчитывают данную функцию. А при совпадении результатов принимают за критерий правильности приема.

Следующий метод - метод контроля по паритету. Этот метод основывается на том, что при нечетном числе единиц, к блоку информации добавляется один бит, а при четном числе - добавляется ноль.

Суть данного метода заключается в том, что он способен обнаруживать при передаче только нечетное количество ошибок и при этом обладает существенной избыточностью.

Рассмотрим следующий метод - метод циклического избыточного контроля (CRC) остаток от деления двоичного числа используют как контрольную информацию. Чаще всего, делитель подбирается таким, чтобы остаток был равен 2 или 4 байтам. Далее, при приеме остаток суммируется с принятыми данными, а полученное число делится на этот же делитель. При правильности приема итоговое значение остатка будет равняться нулю.

При восстановлении потерянных кадров проводится их повторная передача. Каждый блок

данных при передаче нумеруется. Затем, приемник посылает отдельный блок данных передатчику - положительную или отрицательную квитанцию. В случае отсутствия или получения отрицательной квитанции, передатчик проводит повторную передачу.

Импульсно - кодовая передача данных осуществляется без модуляции, при изменении уровней несущей информацию сигналов, с заданной тактовой частотой.

Если в электронных вычислительных машинах цифровые данные будут представляться сигналами уровней 0,2 вольта - для кода "0" и 5 вольт - для кода "1", то передавая эти данные в линию связи, сигналы по уровню преобразуются соответственно. К примеру: в +12 и в -12 вольт на одном интервале такта. Данное кодирование возможно реализовать при использовании асинхронных последовательных адаптеров RS-232-C, передавая при этом на незначительные расстояния, от одного компьютера к другому, цифровые данные.

Тактовая частота импульсно-кодовой передачи является несущей, а сама передача - узкополосной.

#### **Заключение**

Необходимость развития систем телекоммуникации в современном мире приводит к значительным изменениям в методах построения цифровых сетей связи, для дальнейшего внедрения их в повседневную жизнь.

В настоящей работе проведен анализ систем кодирования информации и последующей ее передачи в канал связи. Обоснована эффективность применения тех или иных видов кодирования передаваемой информации, рассмотрен ряд специальных методов, позволяющих выявить начало и окончание потока бит, а также проводить побайтовую синхронизацию.

Базируясь на проведенном исследовании, в дальнейшем, планируется спроектировать и внедрить в производство перспективные системы передачи данных, с применением рассмотренных в данной статье методов кодирования.

#### **Список использованных источников**

1. Городов И. С., Бирюлин И. В., Лазарева О.В. Пути повышения конкурентоспособности в отрасли телекоммуникаций // Научные технологии в космических исследованиях земли 2012, т. 4, №2, с. 29-31. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22869983>
2. Болданова Е. В. Тенденции в мировых телекоммуникациях // Baikal research journal 2017, т. 8, №1, с. 1-8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28959947>

## ВЫЯВЛЕНИЕ НЕДОБРОСОВЕСТНЫХ РАБОТНИКОВ В КРАУДСОРСИНГЕ ЭМОЦИЙ

Olga Korovina

Berestneva O.G.

Tomsk Polytechnic University, olgakorovina92@gmail.com

### Введение

Краудсорсинг стал важным инструментом для улучшения доступа к онлайн-ресурсам, особенно к нетекстовой информации. В связи с активным ростом пользовательского контента, важность тэгов растёт. Тэги это слова или короткие фразы, которые пользователь добавляет как ключевые слова к картинкам, видео и другим медиа контентам. [Golbeck].

Расставление тэгов - одно из самых популярных действий в наши дни, что включает в себя тэги объектов, людей или эмоций. Таггинг помогает не только подписать контент, но и также обеспечить поиск по ключевым словам. Хотя бы одни хэштег в Инстаграме увеличивает популярность фото на 12,6%. Самые популярные хэштеги в Инстаграм - название брендов. Инстаграм также позволяет искать картинки используя Эмоджи.

Тэги для картинок могут быть сгенерированы автоматически [Wu] или полуавтоматически, а также с помощью краудсорсинга [Aljanaki, Goto]. Проведённые исследования тэгов по контенту [<https://everypixel.com>, Bar-Ilan, Golbeck], эмоциям [Chafale] и качеству [<https://everypixel.com>]. В целом, генерация тэгов с помощью краудсорсинга более точная и практичная, чем автоматическая аннотация [Wu].

В большинстве исследовательских работ на сегодняшний день основное внимание уделяется инструменту для сбора эмоций по картины [Runge, Siegert], и меньше внимания уделено процессу анализу информации и выбора нужной эмоции.

Краудсорсинг широко используется в наши дни, потому что этот метод дешевле и даёт быстрый результат {ribeiro2011}. Но при краудсорсинге сложно проверить качество работников и достоверность данных, поскольку краудсорсинг обеспечивает небольшой контроль над средой в процессе выполнения задания. Более сложной задачей является проверка качества краудсорсинга субъективных задач. Под субъективными задачами понимается задание не имеющее одного правильного ответа. Как правило субъективные задачи нацелены на своб мнений.

Одной из проблем, связанных с краудсорсингом субъективных задач, является обнаружение некорректных работников, поскольку онлайн-работники выполняют задачи без надзора. В крупных исследованиях есть по крайней мере один работник, который представляет случайные ответы, не читая задание {ribeiro2011}.

### Способы обнаружения недобросовестных работников

Один из способов обнаружения недобросовестных работников - наблюдение за их поведением во время выполнения задания. Например, Mok et al. создали методологию для скрининга низкокачественных работников путем анализа траектории курсора мыши (mok2015). Или Kim et al. определяют работников, которые нажимают случайно {kim2012}. Другой способом выявить недобросовестных работников- задания, в которых правильный ответ известен {hossfeld2011}.

Проверка ответов после выполнения задач работниками и устранения “лживых” ответов поможет увеличить точность полученных данных. Предоставление бонусов и выплата вознаграждений также способствуют повышению качества ответов {ribeiro2011}.

### Существующие платформы для проверки недобросовестных работников краудсорсинга

Существующие краудсорсинговые платформы для оценки качества субъективных задач:

*CrowdMOS* - это экономичная и удобная платформа для оценки качества субъективного задач, в которой интернет-работники участвуют в стандартных тестах, таких как MOS (mean opinion score). Для оценки надёжности пользователей *CrowdMOS* использует ACR (absolute category rating)- коэффициент корреляции выборки между средним пользовательским рейтингом работника и глобальным средним рейтингом {ribeiro2011crowdmos}, {ribeiro2011}.

*Quadrant of Euphoria* - краудтест платформа для онлайн-оценки мультимедии. Данный метод использует парное сравнение TSR (transitivity satisfaction rate) \ cite {wu2013}, \ cite {chen2010}.

*WESP* (веб-платформа субъективной оценки) {rainer2013} на основе рекомендаций ITU (international communication union) для субъективных оценок качества мультимедии {itu1999}. *WESP* позволяет настраивать субъективную оценку качества в соответствии с требованиями и целями исследования. Это очень гибкая платформа, которая использует широкий спектр различных методологий, таких как единый стимул, двойной стимул, парное сравнение или непрерывная оценка качества, что позволяет добавлять предварительные вопросы, механизм голосования, рейтинговую шкалу и контрольные вопросы.



*QualityCrowd* - это краудсорсинг платформа для QoE-оценки (Quality of experience) {keimel2012}. *QualityCrowd* также является гибкой платформой и использует различные методологии тестирования (один стимул или двойной стимул, а также различные шкалы).

*In-momento crowdsourcing* использует QoE (Quality of experience) и оценку поведения пользователей. Данный метод позволяет контролировать время, полноэкранный режим или перемещение между окнами браузера {gardlo2014}

### **Заключение**

Существует множество методологий для распознавания работников, выполняющих краудсорсинговые задания недобросовестно. Некоторые из них очень {ribeiro2011crowdmos}, в то время как другие направлены на выполнение определенного вида задания {valeri2016}. Некоторые платформы не предоставляют возможность настроить проверку работников {wu2013,chen2010}, другое очень гибкие и позволяют менять настройки под каждое задание {keimel2012,rainer2013}, многие из них позволяют добавить вопросы для определения недобросовестных работников.

### **Список использованных источников**

1. Bar-Ilan, Judit, et al. "Structured versus unstructured tagging: a case study." *Online Information Review* 32.5 (2008): 635-647.
2. Chafale, Dhanashri, and Amit Pimpalkar. "Review on Developing Corpora for Sentiment Analysis Using Plutchik's Wheel of Emotions with Fuzzy Logic." *International Journal of Computer Sciences and Engineering (IJCSE)* 2 (2014): 14-18.
3. Dan-Glauser, Elise S., and Klaus R. Scherer. "The Geneva affective picture database (GAPED): a new 730-picture database focusing on valence and normative significance." *Behavior research methods* 43.2 (2011): 468-477.
4. Eleta, Irene, and Jennifer Golbeck. "A study of multilingual social tagging of art images: cultural bridges and diversity." *Proceedings of the ACM 2012 conference on Computer Supported Cooperative Work*. ACM, 2012.
5. Peng, Kuan-Chuan, et al. "A framework of changing image emotion using emotion prediction." 2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). IEEE, 2014.
6. Renaningtyas, Luri, Intan Rizky Mutiaz, and Achmad Syarief. *NOSTALGIA AND AUTHENTICITY OF FAUX VINTAGE PHOTO IN INSTAGRAM THROUGH DIGITAL FILTERS*. Diss. Petra Christian University, 2014.
7. Runge, Nina, et al. "Tag your emotions: a novel mobile user interface for annotating images with emotions." *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with*

*Mobile Devices and Services Adjunct*. ACM, 2016.

8. Wu, Lei, et al. "Learning to tag." *Proceedings of the 18th international conference on World wide web*. ACM, 2009.



## АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Голубева А.А., Филипенко С.В., Рыбка В.И.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
conya06@gmail.com

Сегодня информационные технологии повышают качество труда во всех сферах социальных услуг в том числе и в здравоохранении.

В Российской Федерации все большее внимание уделяется внедрению современных информационных технологий в медицинских учреждениях, поскольку это позволяет вывести их работу на качественно новый уровень[1]. На данный момент одной из ведущих проблем является неразвитость информационных технологий в сфере здравоохранения, нет общего аналитического, мобильного инструмента для учета и контроля всех данных медицинского учреждения. В медицинских организациях имеются следующие проблемы:

- сбор статистических данных на физических носителях;
- расчет статистических величин происходит вручную;
- оформление отчетов вручную;
- нет единого стандарта оформления статистической информации на государственном уровне;
- сложность анализа работы медицинского учреждения как в целом, так и по его отделениям.

Для решения вышеперечисленных проблем было принято решение о разработке и внедрении в практическое здравоохранение сервиса для сбора и обработки статистической информации, который позволит определить уровень эффективности функционирования и использования основных ресурсов медицинского учреждения.

Разработанный инструмент представляет собой сервис, имеющий трехуровневую архитектуру.

Трехуровневая архитектура – архитектурная модель, состоящая из трех компонентов: клиента, сервера и базы данных.

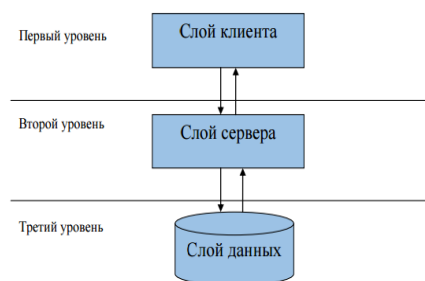


Рис. 1. Структура трехуровневой архитектуры

На первом уровне представлен клиент приложения – графический компонент, то с чем взаимодействует конечный пользователь. По

требованиям безопасности первый уровень не имеет прямых связей с базой данных, по требованиям масштабируемости – не нагружен бизнес-логикой, по требованиям надежности – сохраняет текущее состояние приложения. На данном уровне обычно реализуется простейшая бизнес-логика, например: проверка вводимых значений; сортировка, группировка, подсчет значений, уже загруженных на терминал.

На втором уровне реализован сервер приложения, который является связующим звеном между двумя окружающими слоями. На этом уровне реализуется основная бизнес-логика приложения, вне которой остаются фрагменты, экспортируемые на терминалы, а также хранимые на третьем уровне процедуры и триггеры.

На третьем уровне реализован сервер базы данных является хранилищем данных, используемых приложением. Обычно это реляционная или объектно-ориентированная системы управления базами данных. Подключение к данному компоненту обеспечивается только с уровня сервера приложения.

На основании агрегированных данных проводится анализ информации по существующим подведомственным подразделениям, позволяющего проводить оценку эффективности работы медицинского учреждения[2].

Внедрение предлагаемого проектного решения в практическое здравоохранение позволит достичь унификации подходов к планированию ресурсов и автоматизировать процесс управления на всех его уровнях[3].

### Список использованных источников

1. Инновации в медицине: Россия готова? [Электронный ресурс ]/ Официальный сайт форума - URL: <https://www.oprf.ru/ru/press/anno/newsitem/21202?PHPSESSID=c8k0svhsouov45msbkvhqf8b20> (дата обращения 13.08.17).
2. Как технологии изменят медицину? [Электронный ресурс ]/ Официальный сайт - URL: <https://www.ucheba.ru/article/1994> (дата обращения 23.08.17 )
3. Инновационные решения в медицине [Электронный ресурс ]/ Официальный сайт научно-технического портала - URL: <http://www.ntpo.com/investicii-v-innovacii/innovacionnye-resheniya-v-medicine/> (дата обращения 21.09.17).

## МЕТОДЫ DATA MINING В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Былина Т.А.

Марухина О.В. (научный руководитель)

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

bylina\_1995@mail.ru

### Введение

В век стремительного развития информационных технологий значительно увеличивается необходимость качественной обработки огромных массивов данных, собираемых в организациях. Объемы этих массивов порой достигают таких масштабов, что их обработка становится непосильной даже самым опытным экспертам. В таких случаях на помощь приходят методы интеллектуальной обработки данных Data Mining.

Data Mining – процесс обнаружения в "сырых" данных ранее неизвестных нетривиальных практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности [1]. Цель данного исследования – обзор наиболее распространенных методов Data Mining:

### Обзор методов

Технология Data Mining представляет собой совокупность различных методов, позволяющих осуществлять самостоятельный поиск нетривиальных зависимостей и закономерностей между данными и формировать предположения, которые помогают лицу, принимающему решение, в изучении поставленной задачи [2,3,4].

- Корреляционно-регрессионный анализ. Призван производить поиск связей между двумя случайными величинами. В процессе анализа может быть выявлено наличие прямой или обратной связи или её отсутствие.

- Дерево решений. Может также именоваться деревом принятия решений, регрессионным деревом или деревом классификации. Представляет собой иерархическую структуру, построение которой осуществляется по набору определенных правил, представленных в виде конструкций «Если ..., то ...». Промежуточные узлы и ребра отражают правила, а конечные интерпретируют «корзины», в которые помещаются классифицируемые данные.

- Иерархическая кластеризация. Суть метода заключается в пошаговом объединении малых кластеров в более крупные или же, наоборот, в разделении больших кластеров на более мелкие в зависимости от условий поставленной задачи.

- Неиерархическая кластеризация. Метод имеет итеративную природу. Разбиение на кластеры происходит до тех пор, пока не будет выполнено правило остановки.

- Искусственная нейронная сеть. Представляет собой модель организации данных и процессов, интерпретирующую работу нервных

клеток в организме. Отдельные узлы сети достаточно просты, но, находясь в определенной, четко заданной взаимосвязи, способны решать достаточно сложные задачи.

- Эволюционное программирование. Основано на генетических алгоритмах, которые представляют собой эвристические алгоритмы поиска, производящие подбор и сочетание необходимых данных, применяя механизмы по аналогии с естественным отбором.

- Метод опорных векторов. Задачей данного метода является переход из области начальных векторов в новое пространство, которое имеет большую размерность, чем исходное, и поиск в этом пространстве разделяющей гиперплоскости, имеющей больший зазор.

- Байесовская сеть. Представляет собой вероятностную модель, представленную в виде графа, в котором вершины содержат случайные переменные, а ребра соответствуют вероятностным взаимосвязям между ними по Байесу.

- Методы ближайшего соседа и  $k$ -ближайшего соседа. Основаны на оценке сходства рассматриваемых объектов. Первый метод полагается на единственный ближайший сходный объект обучающей выборки, второй же менее «доверчив» и требует поиска сходств с  $k$ -ближайшими похожими объектами.

- Линейная регрессия. Отображается в виде регрессионной модели, которая описывает линейную взаимосвязь зависимой переменной от одной или нескольких независимых переменных.

- Метод поиска ассоциативных правил. Позволяет находить ассоциативные правила, на основании которых будет приниматься решение. Задача поиска правил включает в себя нахождение часто встречающихся наборов элементов и генерацию правил из ранее найденных наборов с определенной пороговой достоверностью.

- Метод ограниченного перебора. Используется для нахождения логических взаимосвязей и закономерностей в массивах данных. Алгоритмы данного метода находят частоты комбинаций простых логических событий в подгруппах данных, на основании анализа которых исследуется полезность комбинации для поставленной задачи.

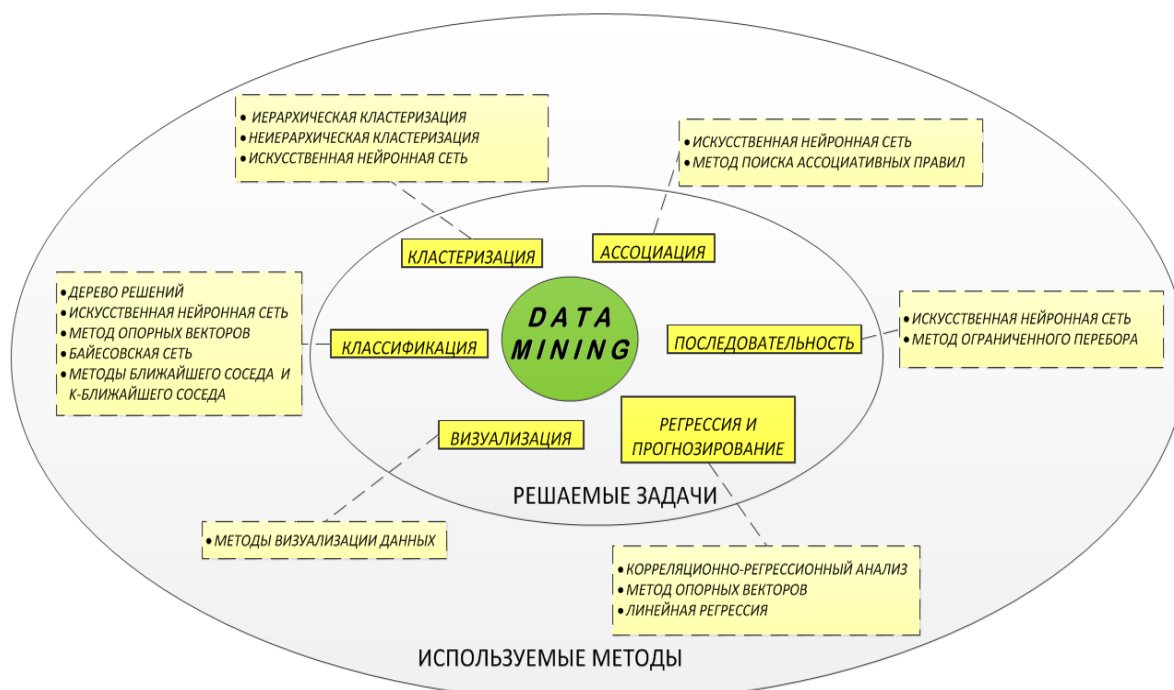


Рис. 1. Классификация методов Data Mining по типам решаемых задач

- Методы визуализации данных. Сюда относятся все методы, представляющие данные в легко воспринимаемом человеком виде.

#### Основные задачи, решаемые методами Data Mining

Все вышеописанные методы предназначены для решения определенных задач. Все задачи условно могут быть разделены на 6 больших классов (рис. 1):

1. Классификация (стратификация) – нахождение у рассматриваемых объектов специфических признаков, которые определяют их отношение к одному из заранее заданных классов.

2. Кластеризация – это несколько более трудная задача, решаемая методами Data Mining. Для этой задачи классы заранее неизвестны, их необходимо сформировать. В остальном идеи классификации сохраняются.

3. Ассоциация – выявление закономерностей среди взаимосвязанных событий. Основывается на рассмотрении одновременно произошедших событий и выявляется зависимость между произошедшими явлениями.

4. Последовательность (поиск последовательных шаблонов) – нахождение закономерностей среди взаимосвязанных по времени событий.

5. Регрессия и прогнозирование – поиск зависимости выходных данных от входных переменных и предсказание новых результатов на основе выявленных зависимостей.

6. Визуализация – графическое отображение анализируемых данных. Большие объемы сырых данных отображаются в виде наглядных таблиц, схем, диаграмм, графов и т.д.

#### Заключение

Рассмотренные методы интеллектуального анализа данных можно классифицировать в соответствии с классами задач, которые они решают.

Наибольшую сферу задач охватывает метод построения искусственных нейронных сетей. Он направлен на решение задач классификации, кластеризации, поиска ассоциаций и последовательностей. Если же рассматривать наборы методов для решения одного класса задач, то для решения задач классификации может быть использовано наибольшее число методов, среди которых методы построения деревьев, байесовских и искусственных нейронных сетей, методы опорных векторов, ближайшего соседа и  $k$ -ближайшего соседа.

#### Список использованных источников

1. Дюк В., Самойленко А. Data Mining: учебный курс. – СПб: Питер, 2001.
2. Журавлёв Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. — М.: Изд. «Фазис», 2006. — 176 с.
3. Степанов Р.Г. Технология Data Mining: Интеллектуальный Анализ Данных. – Казанский Государственный Университет им. В.И.Ульянова-Ленина, 2008.
4. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. — Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999.

## РАЗРАБОТКА РЕГУЛЯТОРА СКОЛЬЗЯЩИХ РЕЖИМОВ ДЛЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА С ВОДЯНОЙ РУБАШКОЙ

Бутузов Д.В.

Тутов И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

qwaswedo@gmail.com

### Введение

В процессе управления динамическими объектами довольно часто ставится задача достижения минимального времени переходного процесса (нахождения оптимума) из одного статического состояния в другое. При этом нередко требуется обеспечить плавность такого перехода, что является серьезным ограничением для достижения оптимальности, поскольку при неплавном управлении возможно быстрое изменение состояния объекта. Но при неплавном управлении технологическими процессами возникают перегрузки, которые часто являются причиной аварий. Поэтому к имеющимся требованиям для регуляторов, используемых в промышленности, следует добавить требование высокой надежности.

Развитие цифровых способов управления позволяет создавать новые уникальные регуляторы на базе таких, казалось бы, старых и давно испробованных алгоритмов, каким является алгоритм управления с использованием скользящего режима. Такой способ управления отличается высокой надежностью, так как он предполагает вынужденное управление, которое заставляет протекать процесс по траектории, заданной разработчиком [1].

### Разработка регулятора

Для разработки регулятора скользящих режимов была использована полученная ранее математическая модель химического реактора с водяной рубашкой (рис. 1) [2].

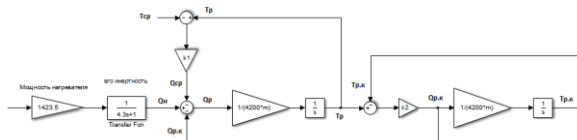


Рис. 1. Математическая модель

Изменяя начальную температуру в водяной рубашке и рабочей камере был получен фазовый портрет (рис. 2), в котором в качестве одной координаты состояния системы выступает температура воды в рабочей камере химического реактора (ось абсцисс), а в качестве второй координаты состояния системы – температура воды в водяной рубашке (ось ординат).

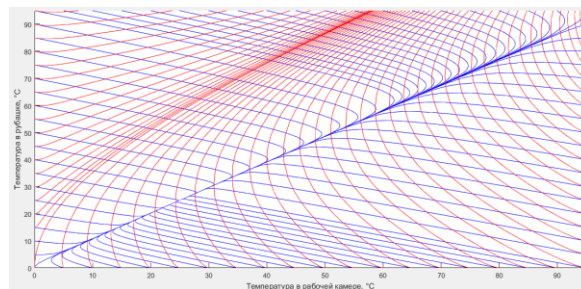


Рис. 2. Фазовый портрет системы:

красные линии – нагрев, синие – охлаждение

Получив фазовый портрет системы, необходимо было получить области, в которых был бы возможен скользящий режим. Для этого необходимо выполнение пары условий (рис. 3):

- вектор нагрева и вектор охлаждения должны быть направлены в противоположные стороны от линии скольжения;

- проекция результирующего вектора на линию скольжения должна быть направлена к температуре уставки.

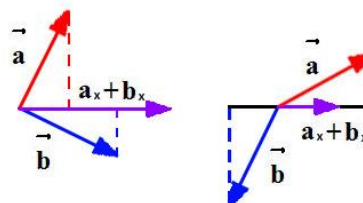


Рис. 3. Условия скользяния

В результате анализа рабочей области на фазовом портрете были получены зоны для температурных уставок 25 °C (рис. 4) и 60 °C (рис. 5). Зоны, в которых невозможен скользящий режим, помечены цифрами 2 и 4, а зоны, в которых скользящий режим возможен, – цифрами 1 и 3.

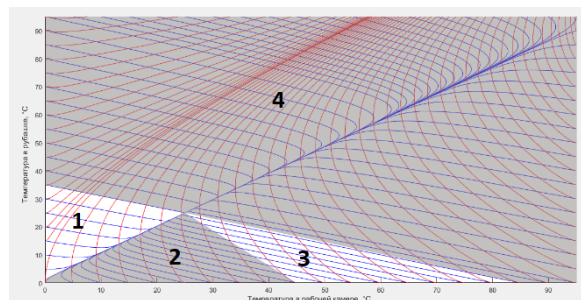


Рис. 4. Зоны скользящего режима для температуры уставки 25 °C



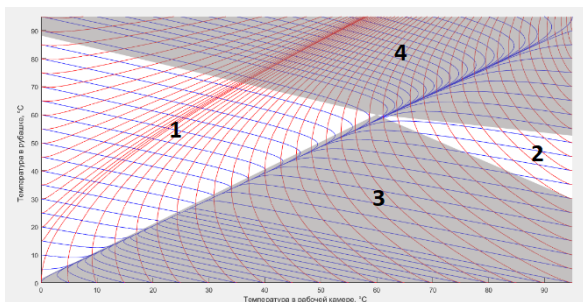


Рис. 5. Зоны скользящего режима для температуры уставки 60 °C

Из рисунков 4 и 5 видно, что области, в которых возможен скользящий режим, идентичны: линии, определяющие границы областей, имеют одинаковый наклон, отличительной чертой является лишь координата центральной точки, которая в свою очередь определяется температурой уставки. Отсюда можно сделать вывод, что при изменении уставки не нужно изменять настройки в разрабатываемом регуляторе, так как области имеют одинаковую форму.

На рисунке 6 изображена структурная схема системы с разработанным регулятором.

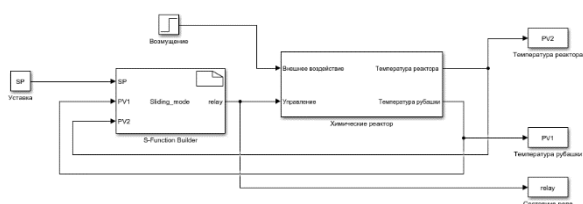


Рис. 6. Структурная схема системы с регулятором

В каждом цикле работы регулятор определяет в какой из областей фазового портрета находится фазовая точка. В случае если фазовая точка находится в 1, 2 или 3 области, то регулятор выводит ее на заданную прямую скольжения, после чего начинается скользящий режим. В случае, если фазовая точка находится в 4 области, то регулятор подает команду на отключение нагревателя, после чего вода остывает до заданного значения.

Но, очевидно, что от выбора прямой скольжения в рабочей области будет зависеть время переходного процесса. Поэтому появилась задача исследования переходных процессов при различных прямых скольжения.

Изменяя угол наклона прямой скольжения при одинаковых начальных условиях были получены следующие фазовые траектории и соответствующие им переходные характеристики (рис. 7, 8).

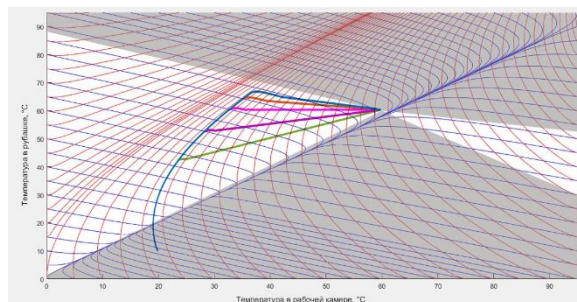


Рис. 7. Фазовые траектории при различных прямых скольжениях

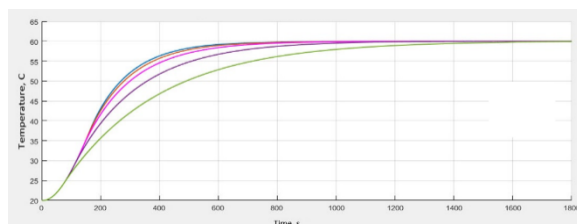


Рис. 8. Переходные процессы при различных прямых скольжениях

Таким образом, выбирая траекторию скольжения, можно изменять динамические свойства переходного процесса в нужную сторону: добиваться более оптимальных показателей переходного процесса или делать его более плавным, тем самым улучшая его надежность.

### Заключение

В настоящее время с развитием цифровых технологий способ регулирования с использованием скользящих режимов становится всё более распространённым. В нём скрыты большие возможности и большие резервы для построения надёжных, оптимальных и самонастраивающихся систем управления.

### Список использованных источников

1. Владимир Ивайкин. Использование скользящих режимов в регулировании // Современные технологии автоматизации. – 2006. - С.90-94.
2. Бутузов Д.В., Тутов И.А. Математическая модель испытательной установки химического реактора с водяной рубашкой. // Научн.-практ.конф. «Молодежь и современные информационные технологии» (7-11 ноября 2016г, г. Томск). - Томск, 2017. - С.279-280.
3. Шилин А.А., Букреев В.Г. Исследование оптимального и скользящего режимов управления с релейным элементом, охваченным обратной связью. // Вестник Томского государственного университета. Томск, 2014. - С. 12-19.



## ОПТИМИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ОБРАБОТКИ ПЛАТЕЖНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Иванова Е. О.

Научный руководитель: Соколова В. В., к.т.н., доцент каф. ПИ

Томский политехнический университет

E-mail: eoi1@tpu.ru

### Введение

Современное общество невозможно представить без совершения финансовых операций. Банковские организации идут по пути упрощения операций обмена финансовыми документами, которые являются подтверждением финансовых сделок, между банковской системой и клиентом (физическим или юридическим лицом).

Достаточно часто банки применяют системы дистанционного банковского обслуживания, в том числе, системы класса «Банк – Клиент». Данные системы содержат несколько модулей, один из которых устанавливается на рабочем месте клиента (или его бухгалтера). Дистанционная банковская система позволяет использовать выписки финансовых документов, подготовленные с помощью системы «1С: Предприятие» [1]. Однако, не всегда данный обмен происходит эффективно и безошибочно. Для уменьшения числа ошибок при обмене финансовыми документами была проведена работа по внесению изменений в модуль обработки «Клиент Банка» системы «1С: Предприятие».

Система дистанционного финансово-платежного обслуживания, изображенная на рисунке 1, использует стандарт обмена данными с программой типа «Клиент Банка» (далее Стандарт), разработанным фирмой «1С» [2].

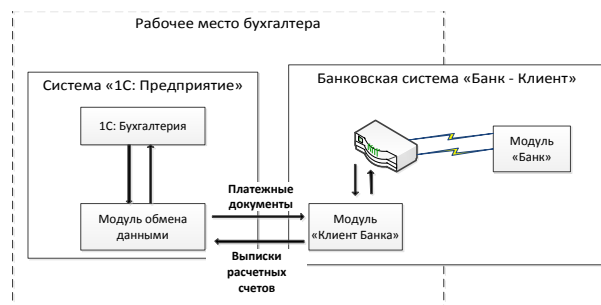


Рис. 1. Схема дистанционного финансово-платежного обслуживания

Для платежной системы Российской Федерации существует следующий перечень видов платежных документов:

- *Платежное поручение* – расчетный документ, выписываемый плательщиком, содержащий указание банку о перечислении определенной денежной суммы со счета плательщика на счет получателя (применяется в расчетах по товарным и нетоварным операциям, авансовым платежам).
- *Заявление на аккредитив* – документ, принимаемый банком по поручению плательщика, обязующий осуществить платеж в пользу получателя указанной в аккредитиве суммы по представлению получателя соответствующих документов.

• *Платежное требование* – расчетный документ, выписываемый поставщиком, содержащий указание банку получить причитающуюся ему денежную сумму от плательщика на основании соответствующих документов, свидетельствующих о совершенных операциях.

• *Инкассовое поручение* – расчетный документ, на основании которого производится списание денежных средств со счета плательщика в бесспорном порядке.

### Описание модуля обработки платежных документов

Модуль обработки «Клиент Банка» в системе «1С: Предприятие» имеет форму, представленную на рисунке 2.

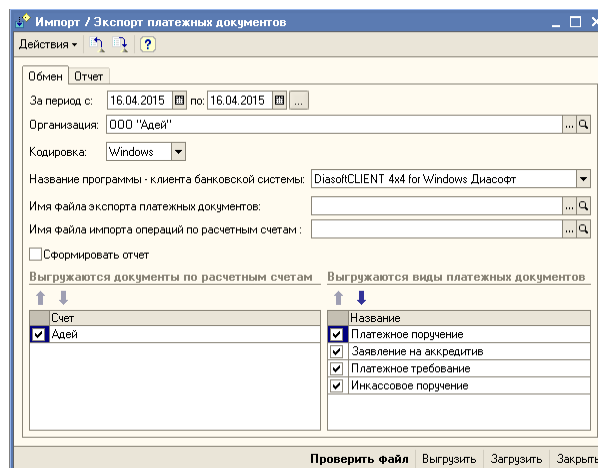


Рис. 2. Основная форма модуля обработки

Модуль обработки содержит функционал, позволяющий вести передачу данных платежных документов из системы «1С: Предприятие» в модуль дистанционного банковского обслуживания «Клиент Банка» и загрузку операций по расчетным счетам из модуля «Клиент Банка» в систему «1С: Предприятие».

1. Передача данных из «1С: Предприятия» в «Клиент Банка». Передача данных платежных документов осуществляется в два этапа. На первом этапе пользователь подготавливает платежные документы и с помощью модуля обработки «Клиент Банка» системы «1С: Предприятие» формирует файл данных. На втором этапе с помощью программы «Клиент Банка» сформированный файл «читается» и обрабатывается. Результат обработки передается по телекоммуникационным каналам в банк. Диаграмма последовательности успешной передачи данных представлена на рисунке 3.

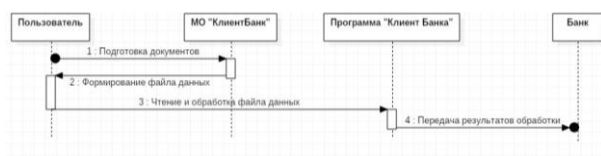


Рис. 3. Диаграмма последовательности успешной передачи данных из системы «1С: Предприятие» в «Клиент Банка»

2. Прием данных из программы «Клиент Банка» в «1С: Предприятие». Прием данных операций по расчетным счетам осуществляется также в два этапа. На первом этапе пользователем инициируется прием данных из Банка и формирование файла обмена. На втором этапе с помощью модуля обработки в системе «1С: Предприятие» сформированный файл «читается» и обрабатывается. Диаграмма последовательности успешного приема данных представлена на рисунке 4.

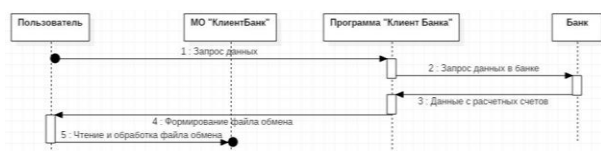


Рис. 4. Диаграмма последовательности успешного приема данных из программы «Клиент Банка» в «1С: Предприятие»

#### Описание изменений, внесенных в модуль обработки «Клиент Банка»

После первичного анализа кода модуля обработки и выявления его слабых сторон были внесены изменения, описанные ниже.

Некоторый функционал вынесен в отдельные процедуры и функции. Например, отдельной функцией *ФорматДаты* описан перевод даты из строковой переменной, которая записывается при чтении файла выгрузки, в переменную типа *Дата*, необходимой для работы с платежным документом в системе «1С: Предприятие» [3].

Изменен алгоритм проверки дат списания и получения из секции документа файла выгрузки данных.

Внесены изменения по улучшению поиска контрагентов в базе данных. Поиск осуществляется по следующему алгоритму:

1. Поиск по ИНН и КПП; если контрагент в БД найден, то записываем результат.
2. Если контрагент не найден, то ведем поиск по ИНН и пустому КПП; если контрагент в БД найден, то записываем результат.
3. Если контрагент не найден, то ведем поиск по ИНН; если контрагент в БД найден, то записываем результат.
4. Если контрагент не найден, то необходимо создать нового контрагента в БД.

Такая система поиска обусловлена различием юридических лиц и физических лиц, так как физическим лицам не присваивается КПП, а у юридических лиц он может быть не указан или в случае существования филиалов предприятия с одинаковыми названиями, они будут отличаться только значением КПП.

Произведена работа над заменой текста выдаваемых служебных сообщений при подборе контрагентов, а также уменьшено их количество.

Внесены изменения, касающиеся условия запуска процедуры *РазборСтроки*: до изменений процедура вызывалась для всех загружаемых платежных документов, после – только для контрагентов с договорами, где взаиморасчет происходит по заказам.

Проведена работа по изменению процедуры *РазборСтроки*, которая используется для работы с подбором заказов к платежному документу:

1. Изменен алгоритм замены четырехзначного значения года на двухзначное в строке назначения платежа.
2. Добавлен поиск номеров счетов в строке назначения платежа.
3. Изменен поиск дат в строке назначения платежа.

Внесены изменения в алгоритм подбора заказов по номерам счетов и по датам из строки назначения платежа.

1. Добавлен подбор по номеру счета. Если найден полностью подходящий заказ по номеру, контрагенту и сумме платежа, тогда записываем его в расшифровку платежного документа.
2. Иначе проводим подбор по датам. Если подобран заказ полностью подходящий по дате, контрагенту и сумме платежа, тогда записываем его в расшифровку платежного документа.
3. Иначе ведем подбор по частичным оплатам в пределах даты платежа.

В результате проведенной работы загрузка выписки платежных документов происходит более полно и с меньшим количеством ошибок.

#### Заключение

В ходе работы над оптимизацией модуля обработки финансовых документов «Клиент Банка» в системе «1С: Предприятие» были внесены изменения в различные алгоритмы работы и упрощены некоторые части кода.

Указанные изменения позволили повысить эффективность обработки финансовых выписок, предоставляемых банковскими организациями посредством использования модуля «Клиент Банка» дистанционной банковской системы.

#### Список использованных источников

1. Фирма «1С». Продукция фирмы: Прием данных из «Клиент банка» в «1С: Предприятие». URL: <http://1c.ru/rus/products/1c/integration/client.htm> (Дата обращения: 07.07.17 г.)
2. 1С: Предприятие 8. Стандарты и форматы. Стандарт обмена с системами «Клиент банка». URL: [http://v8.1c.ru/edi/edi\\_std/100/](http://v8.1c.ru/edi/edi_std/100/) (Дата обращения: 12.07.17 г.)
3. 1С. Информационно-технологическое сопровождение. URL: <https://its.1c.ru/#books> (Дата обращения: 27.07.17 г.)

## РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-ГИС ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЛЕСНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Н. Г. Авдеев

В. С. Шерстнев

Томский политехнический университет

ndb1@tpu.ru

### Введение

На сегодняшний день для лесов Российской Федерации и Томской области в частности наибольшую угрозу представляют пожары. Главной причиной возникновения лесных пожаров является антропогенный фактор. Почти 80% возгорания происходит по вине местного населения. Наиболее сильно подвержены возгоранием леса, расположенные в густонаселенных районах с развитой дорожной сетью. Крупные лесные пожары характерны для засушливых периодов года и лучше всего распространяются в сосновых насаждениях, которые являются наиболее пожароопасными.

В данных условиях необходимо использовать информационную систему, которая обеспечивает предупреждение возникновения и развития лесных пожаров. Прогнозирование должно основываться на анализе физико-географических условий и факторов возникновения пожаров, районировании территории по лесопирологическим условиям.

### Методика прогнозирования лесных пожаров

В данной работе используется методика прогнозирования лесных пожаров, разработанная доцентом кафедры теоретической и промышленной теплотехники, Барановским Николаем Викторовичем. Согласно этой методике вероятность возникновения пожара на определенной территории определяется как произведение следующих вероятностей:

Вероятность, связанная с активностью молнии:

$$P(L) \approx \frac{N_L}{N_{FS}},$$

где  $N_L$  – количество дней, когда была гроза;

$N_{FS}$  – количество дней в пожарном сезоне.

Вероятность того, что разряд молнии достигнет земли:

$$P(L_j/L) \approx \frac{N_{LH}}{N_{LD}},$$

где  $N_{LH}$  – количество разрядов молнии, достигающих земли за час;

$N_{LD}$  – общее количество разрядов молнии, достигающих земли за день.

Вероятность лесного пожара по причине молнии:

$$P(FF/L, L_j) \approx \frac{N_{FL}}{N_{FT}},$$

где  $N_{FL}$  – количество пожаров, возникших по причине молнии;

$N_{FT}$  – общее количество пожаров.

Для оценки опасности пожаров на основе

метеословия используется индекс Нестерова, модифицированный в вероятностную форму:

$$P(M) = \frac{CMI_{cur}}{CMI_{max}},$$

где  $CMI_{cur}$  – вероятность индекса Нестерова на текущий момент времени;

$CMI_{max}$  – максимальное значение индекса Нестерова за прошлый пожароопасный сезон.

Индекс Нестерова определяется по следующей формуле:

$$CMI = k_p \sum_{i=1}^N T_e(T_e - r),$$

где  $k_p$  – коэффициент потери жидки осадков;

$T_e$  – средняя температура за день;

$r$  – средняя температура точки росы за день;

$N$  – количество дней, с момента времени, когда количество осадков было  $> 3$  мм.

### Реализация информационной системы

Для получения метеоданных на территории Томской области используются данные с метеостанций, расположенных в различных населенных пунктах. Был найден ресурс <http://www.pogodaiklimat.ru/>, предоставляющий 8 ежедневных измерений различных метеорологических параметров, в том числе и необходимые для расчета индекса Нестерова. Все измерения проводятся в одно и то же время по Гринвичу.

Информационная система имеет трехуровневую архитектуру. Слой логики выполнен в виде REST веб-сервиса, слой данных представляет собой сервер БД MS SQL Server 2012 R2. База данных используется для хранения пространственных данных, данных о метеорологических измерениях, а также рассчитанные значения индексов Нестерова. Схема базы данных представлена на рисунке 1:

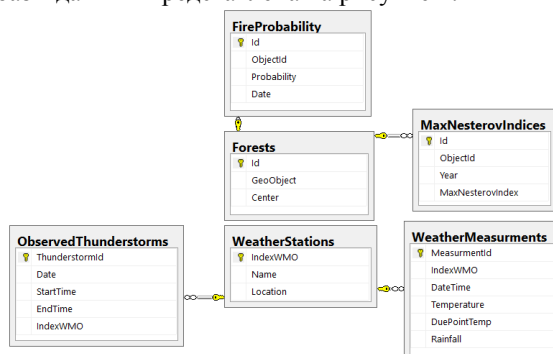


Рис. 1. Схема БД ИС

Слой логики выполнен в виде REST веб-сервиса. При поступлении запроса на веб-сервис

происходит выборка и обработка данных, хранящихся в БД, а затем их конвертация в формат GeoJSON и отправка их клиенту. Веб-сервис реализует функцию, возвращающую пространственные данные, попадающие в определенную область карты.

Слой клиента представляет собой HTML-страницу с подключенной картографической Javascript-библиотекой Leaflet. С помощью данной библиотеки происходит визуализация пространственных данных, полученных в формате GeoJSON с веб-сервиса. Также библиотека поддерживает следующие картографические подложки: Bing, Open Street Map, Yandex, Google, подключающиеся как тайловые слои.

Для получения пространственных данных о лесах в векторном виде была выполнена векторизация растровой карты с помощью программного продукта MapInfo. Процесс векторизации состоит из двух этапов: привязка растрового изображения с помощью контрольных точек и выделение нужных объектов на привязанном изображении. Полученные пространственные объекты были сохранены в файл формата .MIF. После сохранения отвекторизованных объектов в MIF-файл был написан конвертер, который преобразовывает объекты в WKT-строки, а затем сохраняет их в базу данных.

В приложении реализована функция просмотра температурных карт за определенный момент времени, в который доступны метеорологические измерения. Поддерживаются карты температур, карты температур точек росы, карты количества выпавших осадков. Отображение температурных карт реализовано с помощью javascript-библиотека Heatmap.js. Данная библиотека позволяет визуализировать точечные объекты в зависимости от значения определенного свойства с помощью градиентной заливки. Пример температурной карты продемонстрирован на рис. 3:

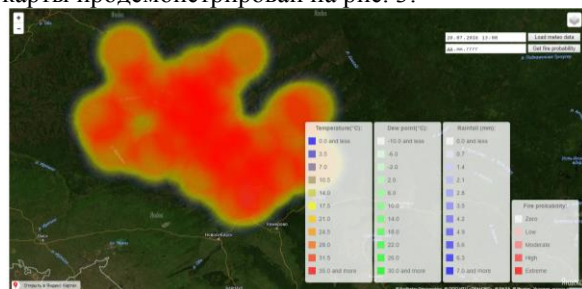


Рис. 3. Температурная карта Томской области

Также приложение поддерживает функцию просмотра карт вероятности возникновения пожаров за определенный момент времени. Карта вероятностей лесных пожаров по метеорологическим условиям показана на рис. 4:

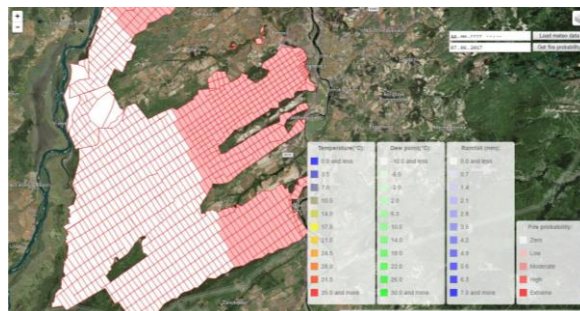


Рис. 3. Карта вероятности пожаров по метеорологическим условиям

## Заключение

В результате проделанной работы была реализована информационная система с использованием трехзвенной архитектуры. Реализованная информационная система поддерживает функции просмотра метеорологических карт и вероятностей лесных пожаров.

Разработанная информационная система в перспективе может использоваться службой МЧС Томской области, сотрудниками департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды, а также научными работниками, занимающимися исследованиями, связанными с лесными пожарами.

В дальнейшем в информационной системе планируется использование данных дистанционного зондирования Земли для более точного определения метеорологических параметров, а также данных о наблюдаемых грозах на территории Томской области.

## Список использованных источников

1. Baranovskiy N.V., Zharikova M.V. Web-GIS platform for forest fire danger prediction in Ukraine: prospects of RS technologies. Т., 2016.
2. Пожарная опасность лесов. [Электронный ресурс]. / Лесная энциклопедия – URL: <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s02/e0002190/index.shtml> (дата обращения 01.06.2017).
3. Пространственные типы – geography. [Электронный ресурс]. / MSDN – сеть разработчиков Microsoft – URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/cc280766.aspx> (дата обращения 01.06.2017).
4. Leaflet. [Электронный ресурс]. / Leaflet – URL: <http://leafletjs.com/> (дата обращения 01.06.2017).
5. MapInfo Pro. [Электронный ресурс]. / ESTI MAP – URL: <http://mapinfo.ru/product/mapinfo-professional> (дата обращения 01.06.2017).



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЗИРОВАННОГО БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ДЕКОДЕРА НА ПРИМЕРЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДА (23,5,11)

С.Е. Рыжова, Е.А. Мыцко

Томский политехнический университет

e-mail: r.svet93@ya.ru

### Введение

При передаче данных по различным каналам связи есть вероятность возникновения ошибок, вызванных влиянием внешней среды. Для повышения достоверности передаваемых данных при их передаче используются различные помехоустойчивые коды, способные обнаруживать и исправлять многократные ошибки. Наиболее распространенными для решения данной проблемы являются коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ), исправляющие независимые ошибки, и коды Рида-Соломона (РС), исправляющие пакеты ошибок.

### Описание алгоритмов декодирования кодов, обнаруживающих и исправляющих многократные ошибки и их недостатки

Основным алгоритмом декодирования данных кодов является циклический метод декодирования, опирающийся на свойство цикличности кодов.

Для декодирования данных кодов применяются специально разработанные алгоритмы [1], а именно:

1. Алгоритм Бэрлекемпа-Мэсси;
2. Алгоритм Евклида;
3. Алгоритм Питерсона-Горенштейна-Цирлера;
4. Поиск Ченя;
5. Метод Форни.

Для полноценного обнаружения и исправления ошибок необходимо последовательное использование одного из алгоритмов 1 – 3 и в совокупности с ними, алгоритм 4 для кодов БЧХ или 4 – 5 для кодов РС. Данный подход имеет четкую последовательную структуру, выполнение которой отрицательно скажется на быстродействии декодера. Для циклического метода декодирования, в отличие от остальных, есть возможность распараллеливания промежуточных процессов. На рисунке 1 представлена блок-схема выполнения циклического метода декодирования.

Однако следует отметить недостаток, присущий как коду БЧХ, исправляющему многократные независимые ошибки, так и коду РС, исправляющему пакетные ошибки, и заключается в ограниченном выборе длины кодовой комбинации [2]. Длина передаваемой кодовой комбинации, включающей в себя информационную и контрольную блоки, должна быть равна  $n = 2^h - 1$ . Исходя из этой формулы,

можно рассчитать  $m$  – длина информационного сообщения, однако очевидно, что не все варианты  $m$  могут быть переданы и закодированы.

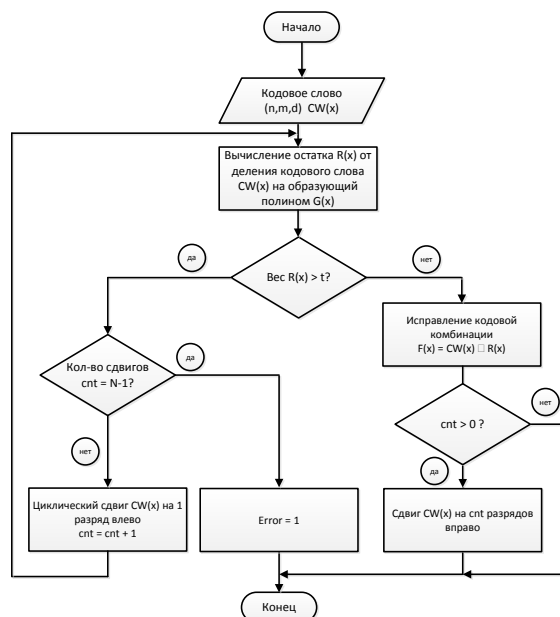


Рис. 1. Блок-схема алгоритма циклического декодирования БЧХ-кода

Как видно из рис.1, в процессе декодирования присутствует операция деления по модулю 2 входной кодовой комбинации на образующий многочлен. Образующий многочлен рассчитывается исходя из двух параметров:  $n$  и  $t$ , где  $n = m + k$  – длина кодовой комбинации,  $t$  – количество исправляемых ошибок.

### Разработка быстродействующего декодера полиномиального кода (23,5,11) на основе циклического метода декодирования

Для построения кода (23,5,11) был использован образующий полином, найденный с помощью специального программного обеспечения [3]. Этот образующий полином получен исходя из параметров  $m$  и  $t$ , где  $m$  – длина информационной части сообщения, а  $t$  – количество исправляемых ошибок. Данный подход для подбора образующего полинома удобен тем, что для построения кода необходимо знать только длину информационного блока, а не всей кодовой комбинации. Найденный с помощью программного обеспечения [3] образующий полином позволяет построить более эффективный помехоустойчивый код,



исправляющий независимые ошибки, чем БЧХ-код.

В данной работе представлена реализация декодера помехоустойчивого кода, у которого длина информационного сообщения  $m = 5$ , и количество исправляемых кодом ошибок  $t = 5$ . Для данного кода длина контрольного блока  $k = 18$ , а длина всего кода  $n = 23$ . Для аналогичного БЧХ-кода длина  $n = 31$ ,  $t = 5$ ,  $m = 6$ , при этом длина контрольного блока  $k = 25$ . Таким образом, для практически той же длины информационного блока, длина всей кодовой комбинации ( $n$ ) на 7 бит больше, чем для предлагаемого кода.

Декодер полиномиального блочного помехоустойчивого кода (23,5,11) реализован в САПР Quartus II с использованием языка описания аппаратуры Verilog. На рисунке 2 представлена структурная схема быстродействующего декодера кода (23,5,11), основанная на циклическом методе декодирования.

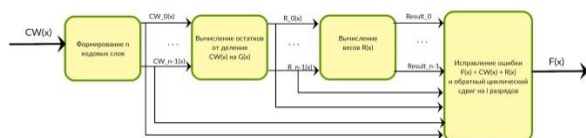


Рис. 2. Структурная схема быстродействующего декодера, основанная на циклическом методе декодирования

В отличие от реализации декодера, по структурной схеме, представленной на рис 2. и описанной в работе [4], в данном случае декодер является параметризированным. Компилятор генерирует необходимое количество блоков, исходя из заданных параметров: длина кодового слова –  $n$ , длина корректирующей части –  $k$  и корректирующая способность кода –  $t$ .

На рисунке 3 представлена часть схемы декодера помехоустойчивого кода (23,5,11).

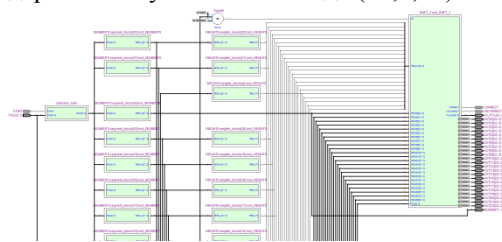


Рис.3. Часть RTL – view декодера (23,5,11)

Декодер включает блоки  $SEGMENT[i]$  деления входной комбинации на образующий многочлен для всех вариантов сдвига кодового слова; блоки  $WEIGHT[i]$  для подсчета весов остатков от деления, полученных в блоках  $SEGMENT[i]$  и блок исправления ошибок в принятой кодовой комбинации  $SHIFT$ .

На рисунке 4 представлены результаты моделирования работы декодера.

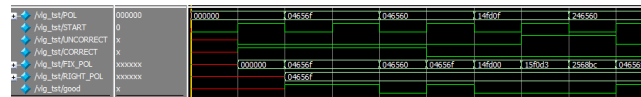


Рис. 4. Результат работы декодера, исправляющего 5-кратные ошибки в среде ModelSim

Максимальное время работы декодера составляет 42 нс, при этом требуется 1685 логических ячеек (LC) (58% ресурсов ПЛИС Cyclone III).

В таблице 1 представлено быстродействие предложенного декодера, исправляющего 5-кратные независимые ошибки, в сравнении с декодером БЧХ-кода (15,5,7), исправляющим 3-кратные ошибки для длины информационного блока  $m = 5$ .

Таблица 1. Сравнение декодеров для  $m = 5$

	m	n	t	Время работы
Быстродействующий декодер	5	23	5	42 нс
Декодер БЧХ-кода (15,5,7)	5	15	3	40,22 мкс

## Заключение

Таким образом, разработанный декодер является более быстродействующим, чем декодер БЧХ-кода на основе классических алгоритмов декодирования.

## Список использованных источников

1. Морелос–Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования: методы, алгоритмы, применение: учебное пособие // М.: Техносфера. 2006 – 320 с.
2. Мальчуков А.Н. Алгоритмическое и программное обеспечение системы для разработки кодеров помехоустойчивых кодов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.11 / Мальчуков Андрей Николаевич; [Место защиты: Том. политехн. ун-т].- Томск, 2008.- 151 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/472
3. Мыцко Е. А. , Мальчуков А. Н. Программная реализация алгоритма поиска образующих полиномов с применением технологий OpenMP и MPI [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. - 2014 - №. 6. - С. 1-8. - Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=15685>
4. Рыжова С.Е., Зоев И.В. Разработка структуры быстродействующего декодера БЧХ-кода и его реализация на примере БЧХ-кода // Наука Будущего – наука молодых, Казань, 20-2 сентября 2016 г.: «Изд.-во Инконсалт К» в 2т. - 2016. –Т.1. –[С.265-267]

## ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ СЕТИ YOLO ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

А.П. Береснев, И.В. Зоев

Научный руководитель: Н.Г. Марков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

apb3@tpu.ru

### Введение

На сегодняшний день в компьютерном зрении актуально не только задача распознавания объектов на изображениях, но и определение их местоположение, т.е. детектирование. В данной статье исследуются возможности архитектуры сверточной нейронной сети (СНС) YOLO с целью её дальнейшей реализации на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). Обоснование выбора такой архитектуры СНС приведено статье «Перспективные нейронные сети для реализации на ПЛИС».

### Архитектурные особенности сети

Было опубликовано две статьи [1, 2] по СНС YOLO. В первой приводится первая версия СНС, во второй её улучшенная версия. В данной работе рассматривается вторая версия этой СНС.

Детектирование объектов осуществляется с некоторой точностью. Пусть на изображении  $I$  расположено  $N$  объектов, которые ограничены прямоугольными областями  $Bgt_i$  (*ground truth*) где  $i \in 1, \dots, N$ . Необходимо из  $I$ , найти такие  $Bp_i$  (*predicted*), что

$$IOU(Bp_i, Bgt_i) = \frac{area(Bp_i \cap Bgt_i)}{area(Bp_i \cup Bgt_i)} > 0,5,$$

где  $IOU(Bp_i, Bgt_i)$  – пересечение над объединением (*intersection over union* – *IOU*),  $area(Bp_i \cap Bgt_i)$  – площадь пересечения областей  $Bp_i$  и  $Bgt_i$ ,  $area(Bp_i \cup Bgt_i)$  – площадь объединения областей  $Bp_i$  и  $Bgt_i$ . Если  $IOU(Bp_i, Bgt_i) > 0,5$ , то считается, что область найдена верно [3]. Помимо  $Bp_i$  из  $I$  необходимо определить классы к которым относятся объекты.

Система детектирования работает следующим образом. Изображение разбивается на  $S \times S$  областей. Каждая область предсказывает  $B$  областей и степень уверенности в том, что этой области содержится объект. Каждая из областей предсказывает 5 переменных:  $x, y, w, h, confidence$ .  $(x, y)$  – координаты центра объекта относительно ячейки.  $W, h$  – ширина и высота объекта соответственно. *Confidence* показывает *IOU*. Каждая ячейка так же предсказывает  $C$  – вероятность принадлежности объекта к определенному классу. В результате, получается матрица, размерности  $S \times S \times (B \cdot 5 + C)$  элементов. Для Pascal VOC используется  $S=7, B=2$ . Количество классов  $C=20$ . Следовательно результирующая матрица представляется в виде 7

$x \ 7 \times 30$ . Что соответствует выходному слою сети. В качестве функции активации используется *leaky rectified linear unit* (*Leaky ReLU*). Для такой сети функция потерь (*loss function*) приведена в [1]. Одно из нововведений это батч-нормализация (*batch normalization*). Этот метод предложен в статье [4]. Метод решает проблему внутреннего ковариационного сдвига.

В *YOLOv2* удалены два полносвязных слоя на выходе, вместо них на используются сверточные слои. Вместо координат, сеть предсказывает смещения относительно якорных значений (*anchor boxes*). Для *YOLOv2* эти *anchor boxes* получаются с использованием метода *K-means* с использованием обучающей выборки. Авторы используют значение  $K=5$ , для лучшего результата детектирования. Выходных карт признаков недостаточно для получения выходной матрицы нужной размерности. Поэтому добавляются карты из предыдущих слоев (выход 13-го объединен с 20).

Вместе с архитектурой *YOLOv2* состоящей из 22 сверточных слоев была представлена и уменьшенная модель сети, в 9 слоев и с меньшим количеством фильтров свертки. Уменьшенная модель необходима для увеличения скорости работы, хотя приходится пожертвовать точностью работы сети. Авторы отмечают, что такая топология сети занимает меньший объем памяти, что критически важно на встраиваемых системах.

### Обучение вариантов сети

Для обучения использовалась модификация библиотеки *Caffe* в которую были добавлены необходимые входной и слой, реализующий функцию потерь [5].

Для ускорения процесса обучения используется GPU GTX 1060. Размер батча для обучения составляет 8 изображений, а для тестирования 2. Разрушающий параметр для весовых коэффициентов *weight decay* (позволяет предотвращать переобучение) составляет значение равное 0,0005. На начальном этапе (первые 100 итераций) скорость обучения равна 0,0001. Далее до 25000 итерации она имеет значение равное 0,001. Далее с каждой 10000 последующей итерацией скорость уменьшается на десяток. Всего обучение занимает 45000 итераций. Для обучения были использованы архитектуры *YOLOv2* (с батч-нормализацией и без батч-нормализации), *Tiny-YOLO* с батч-нормализацией.

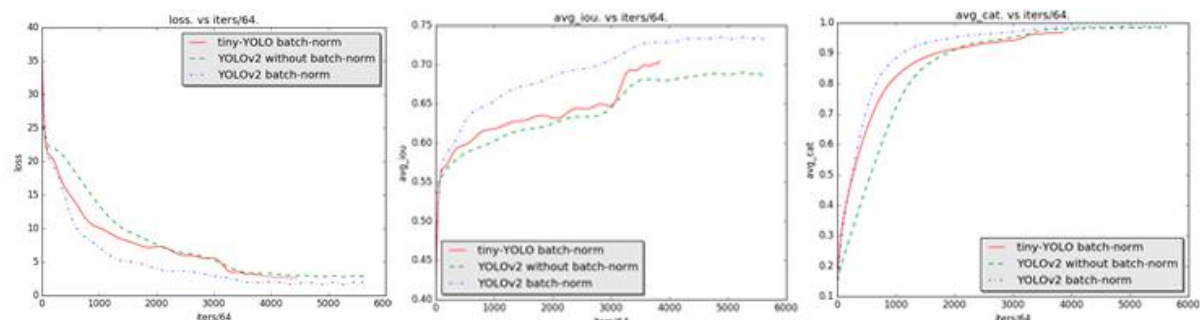


Рис. 1. Графики обучения вариантов архитектур *YOLO*. Слева функция ошибки (loss), по центру средняя точность выделения объектов регионами (avg\_iou), справа средняя точность отнесения объекта к классу (avg\_cat)

### Анализ результатов

Из полученных графиков (рис. 1) обучения сетей можно сделать некоторые выводы. Вариант *YOLOv2* с использованием батч-нормализации имеет наилучшие результаты, относительно других вариантов. В среднем, два других варианта имеют сравнимую точность к окончанию процесса обучения. Несмотря на относительно небольшие размеры сети *tiny-YOLO*, она показывает сравнимые результаты по точности детектирования объектов. Можно сделать вывод, что исследователи пытались добиться минимальных размеров сети, при которой она будет распознавать объекты и такой сетью является *tiny-YOLO*.

Из-за того, что реализация операции батч-нормализации на ПЛИС может иметь некоторые сложности, в дальнейшем необходимо провести дополнительные исследования по использованию данной операции.

Рисунок 2 иллюстрирует пример работы сети *YOLOv2*. Как видим, имеются правильно распознанные объекты и имеется и ошибка распознавания. Хотя семантическая связь между классом *horse* и *cow* довольно сильна.

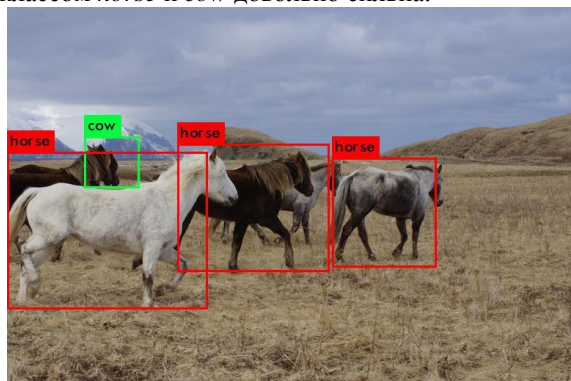


Рис. 2. Пример детектирования объектов

### Заключение

В ходе работы были проанализированы архитектуры *YOLOv2* различных модификаций. Произведено обучение различных вариаций архитектуры как с использованием батч-нормализации, так и без неё с использованием фреймворка *Caffe*. Анализ графиков показал

преимущество *YOLOv2* с использованием батч-нормализации перед другими вариантами сети.

Для реализации на ПЛИС, можно предложить варианты сети *YOLOv2* без использования батч-нормализации и *tiny-YOLO* с использованием батч-нормализации. Каждый из предложенных вариантов имеет свои преимущества и недостатки.

Данные варианты детектора имеют сравнимую точность распознавания. *Tiny-YOLO* требует использования операции батч-нормализации, что ведет к усложнению реализации итогового устройства. Хотя в этой архитектуре используется всего 9 слоёв, но накладные расходы на вычисления могут нивелировать это преимущество.

*YOLOv2* без использования батч-нормализации не требует реализации этой операции, хотя использование 22 сверточных слоев могут увеличить время выполнения прямого прохода сети.

### Список использованных источников

1. Joseph Redmon. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. [Электронный ресурс] – URL: <https://arxiv.org/pdf/1506.02640.pdf> (дата обращения 18.09.2017)
2. Joseph Redmon. YOLO9000: Better, Faster, Stronger. [Электронный ресурс] – URL: <https://arxiv.org/pdf/1612.08242.pdf> (дата обращения 18.09.2017)
3. M. Everingham, L. V. Gool, C. K. I. Williams, J. W. A. Zisserman. The PASCAL Visual Object Classes (VOC) Challenge. [Электронный ресурс] – URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/0ee1/916a0cb2dc7d3add086b5f1092c3d4beb38a.pdf> (дата обращения 25.10.2017)
4. Sergey Ioffe. Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift. [Электронный ресурс] – URL: <https://arxiv.org/abs/1502.03167> (дата обращения 18.09.2017)
5. Caffe: a fast open framework for deep learning. [Электронный ресурс] – URL: <https://github.com/meikuum/caffe> (дата обращения 18.09.2017)

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НА ПЛИС

А.П. Береснев, И.В. Зоев

Научный руководитель: Н.Г. Марков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
arb3@tpu.ru

### Введение

На сегодняшний день задача распознавания объектов на изображениях часто решается с использованием CPU и/или GPU. Однако в автономных системах такие решения не удовлетворяют требованиям по энергоэффективности в отличие от реализации на ПЛИС (FPGA). В задаче распознавания связка ПЛИС и нейросетевых алгоритмов показывают хорошие значения производительности и точности. Однако при решении задачи детектирования значения производительности ухудшаются. В силу ограниченности ресурсов ПЛИС необходимы исследования в области оптимизации имеющихся алгоритмов и поиска новых, решающих данную проблему.

### Сравнение реализаций СНС

Ранее была разработана аппаратная нейронная сеть для реализации компьютерного зрения на ПЛИС [1]. Эффективность данной реализации необходимо сравнить с существующими решениями, например, программными реализациями на CPU и GPU. В сравнении использовалась архитектура сверточной нейронной сети (СНС) архитектуры подобной *LeNet5*, которая применяется для задачи распознавания рукописных цифр с базы *MNIST*.

Результаты исследования производительности представлены в табл. 1, где *Тоб* – среднее время, за которое происходит распознавание одного тестового изображения из базы *MNIST*, начиная с его загрузки в память устройства и заканчивая получением результата распознавания, а *Тпп* – среднее время работы СНС по распознаванию одной тестовой цифры.

Таблица 1. Результаты производительности

Тестируемые устройства	Тоб, мс	Тпп, мс
AMD Phenom II 925 (32 бита)	3,042	2,980
AMD Phenom II 925 (16 бит)	21,331	21,264
ARM Cortex A9 (32 бита)	11,489	11,200
ARM Cortex A9 (16 бит)	99,144	97,296
Nvidia GTX 1060 GTX (32 бита)	0,822	0,774
Nvidia GTX 1060 GTX (16 бит)	1,704	1,652
Altera Cyclone V (16 бит)	3,262	2,417

Видим, что производительность FPGA реализации показывает значения ниже чем у варианты GPU и близка к производительности CPU. Аппаратная реализация СНС показывает

высокие результаты за счёт параллельной работы вычислительных блоков.

Полученные результаты показывают время распознавания только одного объекта. Если анализировать всё изображение, то необходимо использовать различные методики. Самый простой это метод скользящего окна с помощью которого возможно осуществить детектирование объекта и его дальнейшее распознавание. Например, из полученных результатов можно сказать, что время обработки изображения 400x400 с шагом 4 будет равняться примерно 30 секунд. Что является не эффективным решением. Однако если использовать данный подход, то анализ всего изображения с искомыми объектами займет неудовлетворительно большое количество времени. Откуда вытекает задача исследования современных архитектур для детектирования и распознавания объектов на изображении.

### Современные сети для детектирования и распознавания объектов на изображении

В статье [2], Росс Гиршик (Ross Girshick) с коллегами описывает систему для детектирования объектов и семантической сегментации, называемую *R-CNN*. Эта система состоит из нескольких частей, каждая из которых выполняет часть работы по детектированию и сегментации.

Из входного изображения выделяется 2000 возможных областей (*region proposals*) с использованием какого-либо алгоритма, например, селективный поиск (*Selective Search*), *objectness* и др. Каждая область масштабируется под входные размеры сверточной нейронной сети (СНС) и распознается с помощью этой сети. Затем, для каждой области используется специальная линейная машина опорных векторов (*SVM*) которая решает задачу регрессии, заменяя классификатор *softmax*. Средняя точность (*mean Average Precision*) распознавания, полученная для Pascal VOC 2010 составляет 53,7%.

Затем тем же автором представляется *Fast R-CNN* [3]. Эта сеть работает в 9 раз быстрее *R-CNN*. *R-CNN* достаточно медленная, так как необходимо применять СНС для каждой возможной области. Вместо этого одна СНС применяется для всего изображения. Всё изображение подаются на вход СНС, которая генерирует карту признаков (*feature map*). Затем, предполагаемые области (*object proposals*) накладываются на полученную карту признаков для каждой предполагаемой области с помощью слоя пулинга (*pooling layer*) извлекается вектор признаков (*RoI feature vector*). Каждый вектор признаков подается на вход нескольких



полносвязных слоёв, в результате получается два выхода, один содержит вероятности принадлежности к классам, а другой координаты ограничивающей области для объекта. mAP (mean Average Precision) с использованием этого классификатора на выборке Pascal VOC 2007 составляет 66,9%.

Росс Гиршик с коллегами в статье [4] представил сеть *Faster R-CNN*. Она состоит из двух частей. Для поиска предполагаемых областей предлагается использовать сети региональных предположений (*Region Proposal Networks – RPNs*), которая использует якорные значения (*anchor boxes*) для определения предполагаемых областей. А вторая часть это *Fast R-CNN* детектор, использующий полученные предполагаемые области. Эту сеть можно обучать как один компонент в отличие от предшественников. С использованием *RPN* для поиска предполагаемых областей и *VGG-16* в качестве детектора mAP для этой сети на наборе Pascal VOC 2007 составляет 73,2%.

Джозефа Редмона (Joseph Redmon) в статье [5] предложил сеть *YOLO*. Эта СНС из изображения одновременно извлекает ограничивающие области и вероятности принадлежности объекта к определённому классу. Такая модель имеет ряд преимуществ. Данный подход имеет крайне высокую скорость работы. Сеть использует всё изображение для детектирования поэтому ошибка срабатывания детектора на фоне изображения у *YOLO* меньше в сравнении с *R-CNN* подходом. В сравнении с *Fast R-CNN* и *Faster R-CNN*, для которых скорость работы составляет 0,5 и 7 кадров в секунду соответственно, *YOLO* обрабатывает 45 кадров. Однако, точность работы отстает от этих детекторов и составляет 63,4% mAP на выборке Pascal VOC 2007.

В [6] описывается сеть *SSD*. Для детектирования тоже, как и в подходе *YOLO* используется только одна сеть. Но она имеет иную топологию. Архитектура сети представлена в виде *VGG-16* сети в качестве детектора, над которым надстроены сверточные слои разных размеров фильтров, каждый из которых предугадывает различные параметры. Для предугадывания размеров объектов также используются *anchor boxes*. В качестве результатов, приводимых авторами, точность mAP составляет 74,3% на выборке Pascal VOC 2007. А скорость работы составляет 59 кадров в секунду на GPU Nvidia Titan X.

В статье [7] представлена улучшенная версия *YOLO*. Ряд нововведений позволил повысить точность и скорость работы сети. Так точность mAP теперь составляет 76,8% на выборке Pascal VOC 2007. Скорость работы при такой точности достигает 67 кадров в секунду. Одно из нововведений это батч-нормализация (*batch normalization*). Другое нововведение — это переход

к полностью сверточной сети (*fully convolution network*). Из *YOLO* удалены два полносвязных слоя на выходе, вместо этого, на выходе имеем результаты сверточных слоев. Вместо координат, сеть предсказывает смещения относительно якорных значений. Для *YOLO* эти *anchor boxes* получаются с использованием метода *K-means* с использованием обучающей выборки.

#### Заключение

На основе полученной реализации СНС на ПЛИС для распознавания можно сказать, что эта идея является перспективной. Однако в настоящее время актуально решение задачи распознавания вместе с задачей детектирования объектов. Для этого были предложены архитектуры СНС, решающие данные задачи с высокой точностью и малыми вычислительными затратами. В данной работе были рассмотрены современные архитектуры, включая *YOLO* и *SSD* которые выглядят наиболее перспективными.

#### Список использованных источников

1. Зоев И. В. Разработка аппаратной нейросети для реализации компьютерного зрения на ПЛИС // МСИТ: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 7-11 ноября 2016 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 1. — [С. 45-46].
2. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. Ross Girshick, Jeff Donahue, Trevor Darrell, Jitendra Malik [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/pdf/1311.2524.pdf> (дата обращения 18.09.2017)
3. Ross Girshick. Fast R-CNN [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/pdf/1504.08083.pdf> (дата обращения 18.09.2017)
4. Ross Girshick. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/pdf/1506.01497.pdf> (дата обращения 18.09.2017)
5. Joseph Redmon. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/pdf/1506.02640.pdf> (дата обращения 18.09.2017)
6. Wei Liu. SSD: Single Shot MultiBox Detector [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/pdf/1512.02325.pdf> (дата обращения 18.09.2017)
7. Joseph Redmon. YOLO9000: Better, Faster, Stronger [Электронный ресурс] — URL: <https://arxiv.org/pdf/1612.08242.pdf> (дата обращения 18.09.2017)



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МЕЖДУ DDR3 ПАМЯТИ И ПЛИС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SOFT КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ALTERA CYCLONE V

И.В. Зоев, Т.А. Ягунов, А.П. Береснев  
Томский политехнический университет  
Ivz3@tpu.ru

### Введение

На сегодняшний день является актуальной тематика аппаратной реализации нейронных сетей на ПЛИС. Одна из работ, на прямую связанная с ней, представлена в [1]. Однако описанное в ней устройство имеет ряд недостатков. Самый значимый из них – плохая масштабируемость на различные архитектуры нейросетей. Данную проблему можно решить модифицировав функциональную схему вычислителей для нейросети. Но такого рода модификации упираются в проблему ограниченной пропускной способности памяти, взаимодействие с которой происходит по средствам центрального процессора (CPU). Выходом из данной ситуации является обеспечение взаимодействие с внешней памятью, без использования CPU. На плате Terasic SoCkit присутствует внешняя память DDR3 объемом 1 Гб, которая подключенная на прямую к ПЛИС. Используя контроллер памяти можно получить доступ ко всему адресному пространству данной памяти без лишних промежуточных устройств.

Целью данной работы является исследование пропускной способности между ПЛИС и этой памяти с учётом ограничений, которые накладывает данная ПЛИС Altera Cyclone V.

### Описание оборудования для проведения эксперимента

Как уже писалось выше, тестирование будет происходить на плате Terasic SoCkit, в составе которой имеется ПЛИС Cyclone V. Данная ПЛИС находится в сегменте low-cost поэтому ее использование накладывает ограничения в тактовой частоте. Это касается и DDR3 памяти. Максимальная эффективная частота, с которой может происходить взаимодействие ПЛИС с памятью – 800 МГц [2]. Ширина канала данных на плате равняется 32 битам, что в сумме с частотой 800 МГц дают максимальную пропускную способность памяти в  $800 \text{ МГц} * 32 \text{ бита} = 25,6 \text{ Гб/с}$ .

В качестве контроллера памяти компанией Altera предлагается использовать либо Soft контроллер, который полностью писан на языке описания аппаратуры (HDL), либо использовать встроенный в ПЛИС – Hard контроллер, с оберткой из HDL. Согласно документации данные контроллеры работают на рабочих частотах: Soft – 300 МГц, Hard – 400 МГц[2]. Таким образом, теоретическая для этих контроллеров будет 19,2 Гб/с и 25,6 Гб/с соответственно.

Однако частота в 400 МГц требует трудозатратой разработки логики взаимодействия, поэтому в данное исследование не включает в себя исследование с использованием Hard контроллера.

### Особенности Soft контроллера

Взаимодействие контроллера с логикой ПЛИС происходит через интерфейс Avalon MM[3].

Примечательно, что для памяти DDR3 с шиной данных в 32 бита внутренняя шина данных будет равняется 256 битам, поскольку третье поколение такой памяти имеет предвыборку данных равную  $8n$ , где  $n$  – разрядность шины данных[4]. Однако, для контроллеров Cyclone V, значение внутренней шины равно 128 бит. Что теоретически ограничивает их пропускную способность в два раза. Однако для сохранения работоспособности необходимо соблюдение стандарта JEDEC DDR3[6]. Это означает, что при транзакции все-таки передается 256 бит данных. Согласно документации на данные контроллеры при выставлении параметра пакетного чтения интерфейса Avalon равного 2 получим совпадение внутренних шин памяти и контроллера[2].

Отсюда можно предположить, что структура данного взаимодействия будет выглядеть как на рис 1. Возможно, что такая структура сделана из-за ограничений по рабочей частоте.

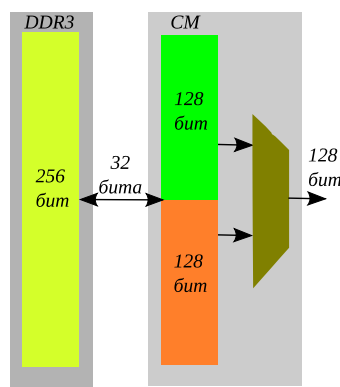


Рис. 1. Схема взаимодействия DDR3 памяти и Soft контроллера памяти Cyclone V.

Стоит также отметить, что и сам стандарт DDR3 режимы пакетного чтения [5]. Однако в рамках данного исследования они и использоваться не будут.

### Описание эксперимента для подсчета пропускной способности.

Для проведения данного эксперимента необходимо создание установки, при помощи которой будет происходить измерение.

Исходя из описанного ранее, для измерения пропускной способности будут использованы два варианта установок.

Первый - с Soft контроллером, значение пакетного чтения/записи равное 1, частота работы, частота работы внешней логики равна половине частоты работы контроллера (SCM1). Второй - с Soft контроллером, значение пакетного чтения/записи равное 2, частота работы, частота работы внешней логики равна половине частоты работы контроллера (SCM2).

Измерение будет происходить при помощи двух 128 битных таймеров, которые будут отсчитывать время записи и чтения соответственно. Сами же процессы записи и чтения и чтения производятся последовательно. Псевдоданные для записи генерируются отдельным 128 битным счетчиком. При чтении счетчик псевдоданных запускается заново. Значения считанных данных сравниваются со значениями счетчика. Если они совпали на протяжении всего теста (чтение и запись 1 ГБ данных), то тест считается пройденным, иначе в одном из процессов произошел сбой. Результаты измерения пропускной приведены только для установок прошедших тест чтения записи.

### Результаты эксперимента

Стоит также сразу сказать, что установки SCM2 не прошла тест чтения записи. Порядок чтения был нарушен, что говорит о том, что такой режим не доработан производителем контроллера и в реальных проектах его использовать не стоит. По всей видимости, другие режимы пакетного чтения работать корректно так же не будут.

В таблице 1 приведены результаты измерений пропускной способности работоспособной установки при записи и чтении соответственно. Относительная погрешность находится в пределах 3%.

Таблица 1. Значения пропускной способности, полученные в ходе эксперимента.

	SCM1	
	Практическая	Теоретическая
Чтение, Мб/с	8697	9600
Запись, Мб/с	6981	

Результаты для установки SCM1 близки к теоретическим. Кроме того, эффективность пропускной способности находится в пределах 70 %, что сходится со значениями эффективности DDR3 контроллеров[6].

Как видим из значений таблицы 1, есть существенная разница в значениях пропускной способности для чтения и записи. Можно предположить, что такое явление происходит из-за

особенностей SDRAM памяти, а именно необходимость перезаряжать ячейки памяти, при чтении и простое[5].

Однако, ожидаемой пропускной способности в 19,2 Gb/s, получить не удалось. Для достижения такой частоты, по всей видимости, необходимо реализовать собственный контроллер DDR3 памяти или исследовать возможности встроенного Hard контроллера.

Тем не менее, полученные значения пропускной способности в десятки раз превосходят значения пропускной способности с использованием CPU [7].

### Заключение

В ходе данного исследования была измерена пропускная способность памяти DDR3 и ПЛИС Cyclone V при помощи Soft контроллера предоставляемого компанией Altera. Стоит отметить, что данный контроллер довольно плох в своей реализации из-за чего не удалось получить значения для всех тестируемых установок. Также получить значений пропускной способности к максимально возможным заявленным производителем так же не удалось. Однако, полученные значения, которые удалось получить, значительно превосходят значения используемые в проекте реализации нейросетей на ПЛИС [1]. Благодаря этому, появляется возможность для дальнейшего развития работы в области создания аппаратной нейросети на ПЛИС, позволяющей исполнять различные архитектуры.

### Список использованных источников

1. Зоев И. В. Разработка аппаратной нейросети для реализации компьютерного зрения на ПЛИС / И. В. Зоев, С. Е. Рыжова, А. П. Береснев // Молодёжь и современные информационные технологии : сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 7-11 ноября 2016 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 1. — [С. 45-46].
2. CV-51002. Cyclone V Device Datasheet - 2016.12.09. Altera 2016. pp 96.
3. MNL-AVABUSREF. Avalon® Interface Specifications - 2017.05.08 Intel 2017 pp 59.
4. IS43/46TR16256A. Datasheet DDR3 SDRAM – 05.2017. ISSI 2017 pp.88
5. JESD79-3C. JEDEC Standard DDR3 SDRAM 11.2008. JEDEC 2008 pp 211.
6. WP-01188-1.1. Increasing Efficiency with Hard Memory Controllers in Low-Cost 28 nm FPGAs. 11.2012. Altera 2012 pp 9.
7. Габидуллин Д. Поднимаем SOC: ARM + FPGA [Электронный ресурс] / Habrhabr. — URL: <https://habrhabr.ru/company/metrotek/blog/235707/> (дата обращения 11.09.2017).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ УЗЛА РЕДУЦИРОВАНИЯ

Э.Е. Орлов

Томский политехнический университет

Eeo1@tpu.ru

### Введение

В связи с тем, что в последние десятилетия изменились территориальные границы областей, районов, в частности г. Юрга, ГРС «ЮМЗ» и ГРС п. Газовик оказались в городской черте. Учитывая, что газораспределительные станции превышали нормативный срок эксплуатации, было принято решение о строительстве газораспределительной станции за границей городской черты, вблизи газопровода-отвода на ГРС «ЮМЗ» и АГРС ж.п. Газовик.

Описание схем редуцирования

При одноступенчатом редуцировании газа (снижении давления с 5 до 1,2 МПа), рекомендуется применять мониторинговую (регулятор-монитор) схему (рис. 1.). Регулятор-монитор представляет собой аварийный регулятор, который начинает работать вместо рабочего регулятора, если по какой-либо причине последний допускает повышение выходного давления до значения, предварительно заданного для срабатывания монитора. По схеме, приведенной на рис. 1, рабочий регулятор осуществляет редуцирование газа (снижение давления от входного до заданного), а регулятор-монитор осуществляет контроль работой рабочего регулятора (следит за параметрами выходного давления). При этом регулятор-монитор находится в полностью открытом состоянии. При выходе из строя рабочего регулятора регулятор-монитор либо начинает осуществлять регулировочную функцию, либо полностью закрывается, прекращая подачу газа.

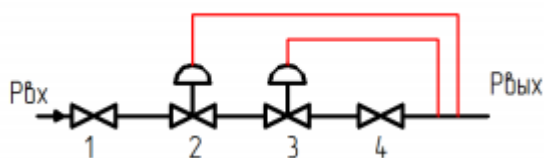


Рис. 1. Схема регулятор-монитор для редуцирования газа

$P_{вх}$  — входное давление;  $P_{вых}$  — выходное давление; 1, 4 — запорная арматура; 2 — регулятор-монитор; 3 — рабочий (основной) регулятор

Блок редуцирования состоит из двух линий редуцирования: рабочей и резервной. Обе линии имеют одинаковое оборудование. Для мониторинговой схемы: последовательно установленные входной пневмоприводной или электроприводной кран,

регулятор-монитор, рабочий регулятор и выходной запорный кран с ручным или приводным управлением. По приведенному описанию получаем следующую схему (рис. 2)

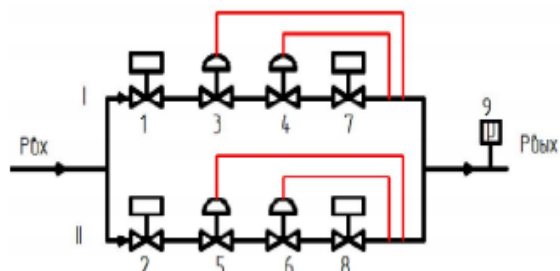


Рис. 2. Схема редуцирования газа мониторинговая с пневмоуправляемой арматурой, I — основная линия редуцирования; II — резервная линия редуцирования; 1, 2, 7, 8 — запорная арматура (пневмоприводная); 3, 5 — регулятор-монитор; 4, 6 — рабочий (основной) регулятор; 9 — датчик давления

По данной схеме редуцирование газа осуществляется по следующему алгоритму: в штатных условиях газ проходит по основной линии I, запорная арматура 1, 7 открыта, запорная арматура 2, 8 закрыта, регулятор-монитор 3 открыт и осуществляет контроль выходного давления газа, регулятор 4 осуществляет редуцирование газа. Регулятор 6 и регулятор-монитор 5 находятся в отключенном состоянии (запорная арматура 2, 8 закрыта). В случае выхода из строя регулятора 4 в выходном коллекторе начинает расти давление, при достижении давления настройки регулятора-монитора 3 он начинает осуществлять функцию регулятора давления. При выходе из строя регулятора 4 положение запорной арматуры остается неизменной. В случае выхода из строя регулятора-монитора 3 в момент осуществления им функции регулирования (регулятор 4 неисправен) давление в выходном коллекторе начинает расти, датчик давления передает изменения давления на систему автоматического управления (САУ) газораспределительной станции. САУ выдает сигнал на срабатывание пневматических кранов: запорная арматура 1, 7 закрывается, после сигнала о полном закрытии 1, 7 дается сигнал на открытие запорной арматуры 2, 8. АГРС переходит на редуцирование по резервной линии II. Работа резервной линии аналогична работе основной. В случае выхода из строя регулятора 6 и регулятора-монитора 5, САУ выдает

сигнал «авария», запорная арматура 2, 8 закрывается, течение газа прекращается. Описанная выше схема имеет ряд недостатков: сложный процесс перехода на резервную линию, требующий высокого уровня автоматизации ГРС; также требуется применение быстродействующей (скорость закрытия не более 3 секунд) пневмоприводной арматуры, которая в среднем в 4 раза дороже ручной (для диаметров Ду50-200). Для пневмоприводной арматуры требуется узел подготовки импульсного газа [1] (при помощи импульсного газа осуществляется работа пневмопривода), что также увеличивает капитальные вложения.

#### Предлагаемая схема модернизации

Как показал анализ, во всех ранее рассмотренных схемах в качестве рабочего регулятора и в качестве регулятора-монитора применялись по своей конструкции и принципу действия одинаковые регуляторы давления, поскольку, чтобы мониторинговая схема работала, необходимы абсолютно одинаковые технические характеристики. Поэтому в ранее предложенную схему (рис. 2.) предлагается поставить разные регуляторы: в качестве рабочего регулятора — регулятор, который при выходе из строя оказывается нормально открытым, а в качестве регулятора-монитора — регулятор, который при выходе из строя оказывается нормально закрытым, тем самым регулятор-монитор выполняет две функции: функцию регулятора и функцию КПЗ. Получаем следующую схему (рис. 3.)

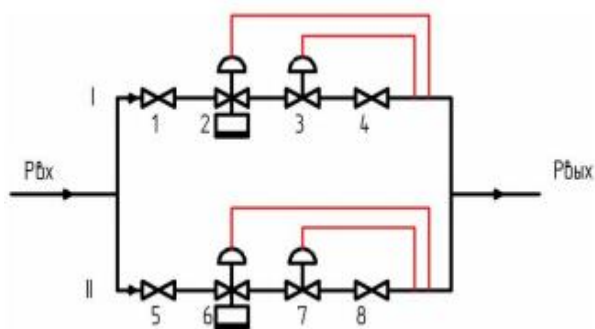


Рис. 3. Схема редуцирования газа мониторинговая с регуляторами, нормально открытыми и регуляторами-мониторами нормально закрытыми  
I — основная линия редуцирования; II — резервная линия редуцирования; 1, 4, 5, 8 — запорная арматура с ручным управлением; 3, 7 — регулятор давления (при выходе из строя — нормально открытые); 2, 6 — регулятор-монитор (при выходе из строя нормально закрытый)

Для данных регуляторов есть еще одна модификация: в одном корпусе объединяются сразу два регулятора, т. е. возможно объединение регулятора и регулятора-монитора, тем самым габариты узла редуцирования уменьшаются, а стоимость объединенного регулятора меньше стоимости двух регуляторов по отдельности.

#### Заключение

В результате анализа выявлена недостаточная эффективность существующих схем редуцирования газа на ГРС, обоснована необходимость разработки теоретических положений и технических решений по повышению их эффективности. В рамках работы затронута тема осуществления безопасного редуцирования на ГРС, которая на данном этапе развития при технологиях производства газового оборудования позволяет использовать надёжные регуляторы давления с функцией снижения и регулирования давления на различных уровнях техники, что является актуальным с точки зрения задействования всего потенциала выпускаемого оборудования.

#### Список использованных источников

1. Промышленное газовое оборудование: справочник. – Саратов: Газовик, 2013. – 1280 с.
2. Теоретические положения [Электронный ресурс] - URL: [http://testdoc.ru/article/26022015\\_191078\\_medvedev\\_a/3](http://testdoc.ru/article/26022015_191078_medvedev_a/3) (дата обращения 12.08.2017)
3. Блок редуцирования [Электронный ресурс] - URL: <http://mylektsii.ru/8-69551.html> (дата обращения 20.09.2017).

## СРАВНЕНИЕ PID-УПРАВЛЕНИЯ И MPC-УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ РАСХОДА НЕФТИ НА ВЫХОДЕ ТРЕХФАЗНОГО СЕПАРАТОРА

Наумовская А.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры СУМ, Громаков Е.И.

Томский политехнический университет

aanaumovskaya@gmail.com

### Введение

Благодаря быстрому развитию возможностей компьютерной техники все более перспективным становится внедрение сложных цифровых технологий управления подготовкой нефти. Опыт замены PID-управления MPC-управлением на нефтехимических и химических предприятиях показывает не только повышение качества регулирования процессов, но и возможность учета ограничений технико-экономических показателей производственного процесса.

Целью работы является сравнительный анализ возможностей PID и MPC-управлений сепарацией на установках подготовки нефти

### Основная часть

В системах управления объектами нефтегазовой отрасли широкое применение нашли пропорционально-интегро-дифференцирующие (PID) регуляторы. PID-регулятор имеет достаточно простую и компактную структуру и в большинстве случаев позволяет достичь цели управления. Однако основным вопросом при использовании PID-регулятора является вопрос настройки его коэффициентов. В настоящее время настройка коэффициентов регулятора может осуществляться автоматически, но проблемой становится то, что большинство технологических процессов нефтегазовой промышленности имеют дрейфующие во времени параметры, из-за чего единожды настроенный PID-регулятор не сможет обеспечить достижения цели управления в процессе функционирования объекта управления (ОУ). В результате чего необходима постоянная подстройка параметров PID-регуляторов [1].

Для всех производственных процессов справедливо то, что наибольшую экономическую выгоду можно получить при оптимальных значениях параметров, которые зависят от соотношения стоимости продукта и затрачиваемых ресурсов, поэтому необходимо управлять процессом оптимально. Традиционные алгоритмы зачастую работают далеко не в самом оптимальном режиме и это приводит к потере эффективности технологического процесса.

Объекты нефтегазовой отрасли – это сложные объекты с множеством входов и множеством выходов. В нефтегазовых производствах имеют место достаточно сложные случаи управления технологическим процессом. Так, при контроле качества нефти в сепараторе регулируются, давление, подача, а величины, определяющие качество нефти, ее состав, измеряются периодически в лаборатории в ручном режиме и,

таким образом, не регулируются непосредственно. Еще более сложным является управление добычей на малодобитных месторождениях и управление нефтехимическими производствами. В этих и подобных случаях требуется автоматизация с дополнительными свойствами [2].

Для решения таких задач были созданы методы регулирования на основе прогнозирующих моделей, которые применяются иногда и в комбинации с виртуальными анализаторами показателей процесса, реализованными в виде программных алгоритмов контроллеров. Они служат для того, чтобы некоторые зашумленные или неизмеримые величины могли быть вычислены косвенно на основе других измеряемых приборами величин. Известным способом построения таких регуляторов является управление с прогнозирующими моделями – modal predictive control (MPC) [2].

Сепарация в физическом смысле является сочетанием физических и массообменных процессов, протекающих между газовой и жидкой фазами. Газожидкостная смесь, поступающая из добывающих скважин, содержит нефть, воду и газ. Для того, чтобы отделить нефть от воды и газа используются трехфазные сепараторы [3].

Рассмотрим сепаратор в качестве емкости с идеальным перемешиванием жидкости для составления уравнения динамики процесса сепарации (Рис.1).

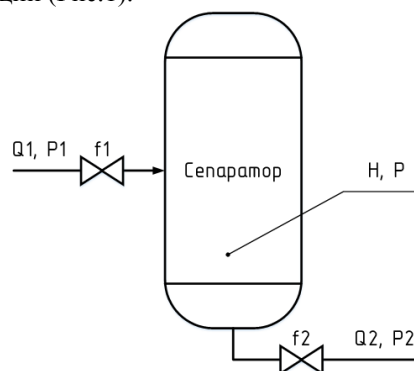


Рис. 1. Сепаратор

Здесь  $Q1$  и  $Q2$  – объёмный расход на входе и выходе сепаратора соответственно,  $P$  – давление столба жидкости в сепараторе,  $P1$  и  $P2$  – давление жидкости на входе и выходе сепаратора соответственно,  $f1$  и  $f2$  – сечение входного и выходного клапанов соответственно.

Уравнение динамики в приращениях для вертикальной цилиндрической емкости с жидкостью (1) представлено ниже:



$$249,113 \frac{d\Delta H}{dt} + \Delta H = 79,285 \Delta Q_1. \quad (1)$$

Тогда передаточная функция сепаратора имеет вид (2):

$$W_{\text{сеп}}(s) = \frac{79,285}{249,113s+1}. \quad (2)$$

Для того, чтобы получить скорость выходного потока необходимо произвести дифференцирование (3):

$$W_{\text{сеп}}(s) = \frac{79,285s}{249,113s+1}. \quad (3)$$

Передаточная функция асинхронного двигателя имеет вид (4):

$$W_{\text{АД}}(s) = \frac{3,11}{0,87s+1}. \quad (4)$$

Передаточная функция насоса имеет вид (5):

$$W_{\text{насос}}(s) = 0,4. \quad (5)$$

Для выполнения сравнительного анализа регуляторов выполним моделирование процесса сепарации нефти в программном пакете Matlab Simulink (PID-управление, рисунок 2), (MPC-управление, рисунок 3) [4].

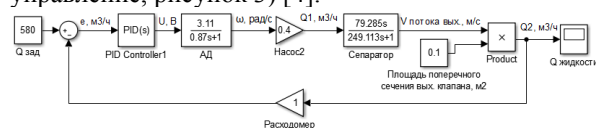


Рис. 2. Система с PID-управлением

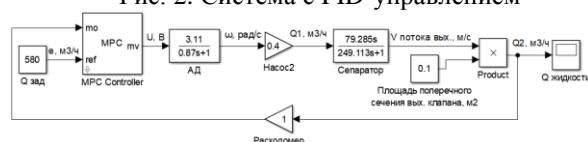


Рис. 3. Система с MPC-управлением

PID-регулятор был настроен при помощи метода CHR. В результате была получена следующая переходная характеристика (Рис. 4):

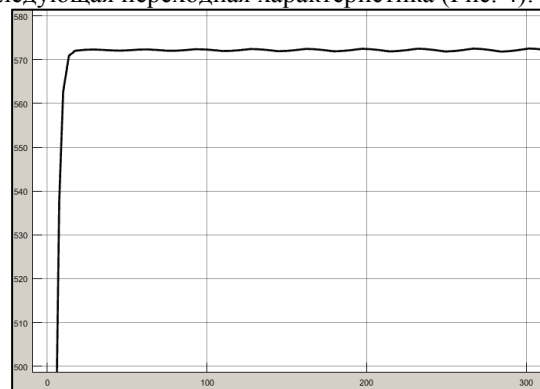


Рис. 4. PID-регулирование

Имеются колебания около установившегося значения, амплитуда колебаний увеличивается со временем, удалось достичь выходного расхода равного 572 м³/ч, что меньше задания на 1,37%.

При MPC-регулировании удалось достичь переходного процесса, приведенного на рисунке 5.

Колебания при переходном процессе отсутствуют, в отличие от переходного процесса при PID-регулировании. При MPC-управлении удалось добиться выходного расхода равного 579,98 м³/ч.

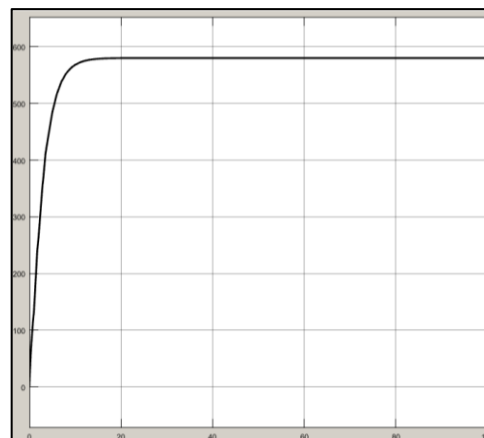


Рис. 5. MPC-регулирование

Прямые показатели качества переходных процессов при PID-регулировании и MPC-регулировании представлены в таблице 1.

Таблица 1. Прямые показатели качества переходного процесса

Тип упр-я	Перерегулирование, %	Время переходного процесса, с
PID	0	8,1359
MPC	0	7,9015

По установившимся значениям расхода и по значениям прямых показателей качества переходного процесса можно сделать вывод, что использование MPC-подхода позволило получить меньшее время регулирования и более близкое к заданному значение расхода на выходе сепаратора.

### Заключение

Сравнительный анализ приведенных примеров реализации алгоритмов PID и MPC-управления показывает, что потенциал повышения качества автоматического управления процессом подготовки нефти оказывается в случае MPC-управления выше по сравнению с PID-управлением.

### Список литературы

1. Comparison of MPC and PID Controls of Sirnak Water Supply Network System [Электронный ресурс] / International Journal of Scientific Research in Science and Technology. – URL: <http://ijsrst.com/paper/32.pdf> (дата обращения 18.11.17).
2. Bequette W., Process Control Modeling Design and Simulation, Prentice Hall, 2003. – 564 с.
3. Н.В. Ушева, Е.В. Бешагина, О.Е. Мойзес, Е.А. Кузьменко, А.А. Гавриков. Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 128 с.
4. MPC toolbox. Matlab [Электронный ресурс] / Официальный сайт Matlab. – URL: <https://matlab.ru/products/model-predictive-control-toolbox/model-predictive-toolbox.pdf> (дата обращения 20.11.17).

## РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ БРОКЕР СООБЩЕНИЙ КАФКА ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЕРЕДАЧИ И АГРЕГАЦИИ ДАННЫХ

В. Л. Радищевский, А. Д. Кульневич

Научный руководитель: Е. И. Губин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: vladrad95@mail.ru

### Введение

Цель настоящей работы рассмотреть архитектуру и особенности распределенного брокера сообщений Kafka, а так же оценить такие параметры производительности как пропускная способность и задержка.

Система очереди сообщений является одной из наиболее важных базовых технологий, благодаря которым можно построить крупномасштабную распределенную систему, объединяя слабосвязанные и автономные вычислительные единицы. В крупномасштабной системе с присутствием множества вычислительных узлов система очереди сообщений становится потенциально узким местом производительности, которое может ограничить потенциал использования вычислительных ресурсов. Поэтому немаловажной особенностью является выбор и настройка системы очереди сообщений для широкомасштабной распределенной системы. Системы очереди сообщений, такие как ZeroMQ, ActiveMQ и RabbitMQ, широко применяются во многих различных промежуточных средах. Разработанная в корпорации LinkedIn служба обмена сообщениями Apache Kafka обладает такими качествами как масштабируемость, высокая производительность и отказоустойчивость. Она нашла широкое применение во многих крупных компаниях и корпорациях, таких как Yahoo, Netflix, PayPal и многие другие [\*]. С развитием Apache Hadoop, который стал де-факто системой для большой

инфраструктурой обработки данных за счет использования распределенной файловой системы (HDFS), структуры параллельной обработки (MapReduce), системой планирования заданий и управления кластером YARN, он стал полноценной многопользовательской платформой, поддерживающей такие режимы обработки данных, как пакетная (Batch) обработка, вычисления в реальном времени (Real-time computing), интерактивная (Interactive) обработка, и т. д.

### Apache Hadoop

Hadoop – это распределенная вычислительная среда, предназначенная для создания кластера для реализации распределенного хранения и вычислений. Распределенная файловая система HDFS предназначена для хранения файлов, поблочно распределенных между узлами вычислительного кластера. Более того применяются методы для хранения данных в HDFS, реализующие высокую надежность и доступность, такие как репликация данных, синхронизация и автоматическая обработка отказов. Помимо HDFS, текущая версия Hadoop включает в себя фреймворк MapReduce для программирования распределенных вычислений, планировщик заданий и ресурсов YARN, а так же распределенный сервис конфигурирования и синхронизации ZooKeeper, используемый Kafka для координации между потребителями сообщений (consumers) в условиях распределенной передачи.

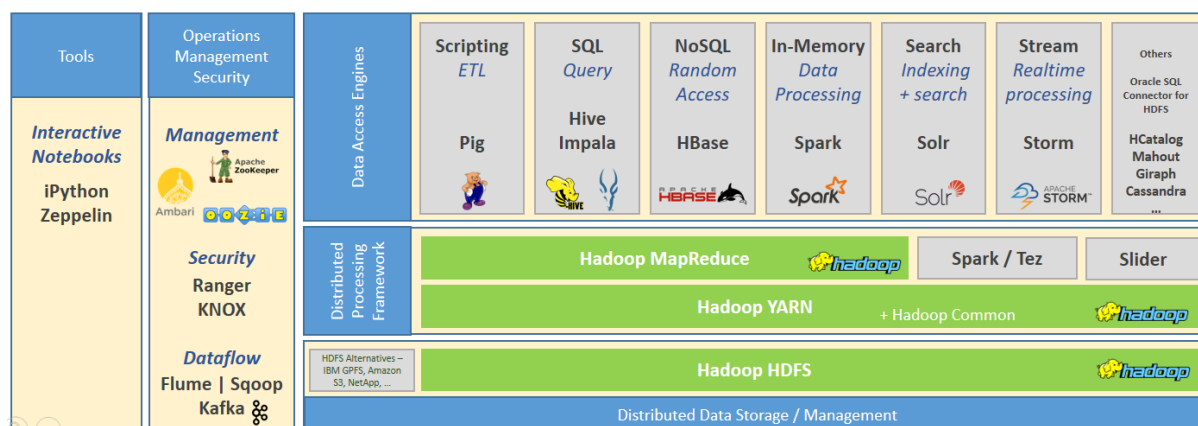


Рис. 1. Экосистема Hadoop [2]

## Apache Kafka

Apache Kafka – распределенная система обмена сообщениями. Ее архитектура делает систему высокопроизводительной, надежной, и масштабируемой. Система Kafka представляет собой брокер (Broker), экземпляры которого установлены на узлах распределенной системы и отвечают за хранение сообщений. Брокер хранит сообщения в различных темах (Topics), которые в свою очередь, разделены на разделы (Partition). Продюсеры (Producers) записывают данные в темы, а потребители (Consumers) читают данные. Разделы так же распределены по различным брокерам кластера. Kafka управляет сообщениями в каждом разделе устанавливая смещения (Offsets) для определения текущей позиции чтения данных. Сообщения в каждом разделе могут реплицироваться и использоваться для восстановления в случае сбоя. Kafka предоставляет API-интерфейсы продюсеров и потребителей, используемые для передачи и получения сообщений из тем. Потребители контролируют операцию чтения за счет смещения offset. Поэтому для того, чтобы повторно извлекать сообщения нужно сбросить значение offset на предыдущие позиции. Поскольку операции по контролю смещений выполняются потребителями, брокеры Kafka не знают о статусе чтения сообщений по темам. Брокеры хранят сообщения в течение заданного времени перед удалением из памяти.

### Оценка производительности

Оценка производительности работы производилась по схеме, представленной на рисунке 2. Приложение Kafka Streams для обработки и агрегации сообщений расположены вместе с Kafka брокером на одном компьютере. Приложения с Producer и Consumer были расположены на другом компьютере в одной локальной сети.

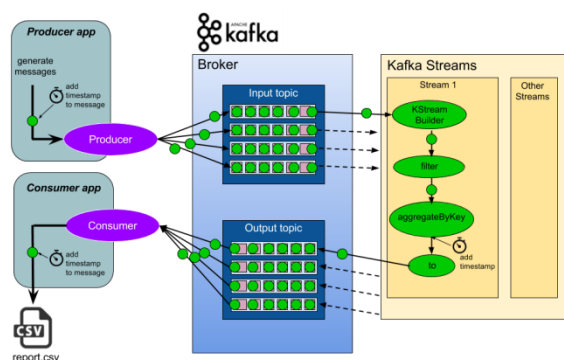


Рис. 2. Схема передачи и обработки данных

Каждое передаваемое JSON сообщение помечалось временной отметкой (timestamp), затем оно помечалось после агрегации и после получения для определения скорости передачи, а так же задержки.

На рисунке 3 представлен график скорости

передачи и приема сообщений в зависимости от общего числа переданных сообщений.

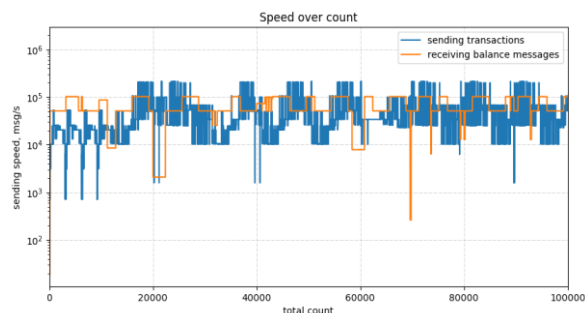


Рис. 3. Скорость передачи и приема сообщений в Apache Kafka

Средняя скорость по 100000 тыс. переданным сообщениям составила ~132345 сообщений в секунду. При этом скорость получения сообщений составляла 31340 сообщений в секунду. Такая разница связана с особенностью агрегации сообщений в данном конкретном примере. Полученное сообщение (transaction) содержало в себе идентификатор пользователя, а так же сумму транзакции. Каждый пользователь состоит в различных «группах» и в случае осуществления транзакции в баланс «каждой» группы засчитывалась эта сумма. Таким образом, каждое полученное сообщение порождало по несколько операций обработок. Среднее время задержки между отправкой и обработкой сообщения составило 0,15 с, а между обработкой и получением 2,18 с.

### Заключение

Рассмотрена архитектура и основные особенности распределенного брокера сообщений Kafka. Оценены параметры пропускной способности и задержки. В данном случае, скорость передачи сообщений ограничилась максимальной пропускной способностью канала.

### Список использованных источников

1. Nguyen C. N., Kim J. S., Hwang S. KOHA: Building a Kafka-Based Distributed Queue System on the Fly in a Hadoop Cluster // Foundations and Applications of Self\* Systems, IEEE International Workshops on. – IEEE, 2016. – С. 48-53.
2. Bridging two worlds: Integration of SAP and Hadoop Ecosystems. [Электронный ресурс]. – URL: <https://blogs.sap.com/2017/07/19/bridging-two-worlds-integration-of-sap-and-hadoop-ecosystems> (дата обращения 22.11.2017).
3. Apache Kafka Documentation. [Электронный ресурс]. – URL: <https://kafka.apache.org/documentation/> (дата обращения 22.11.2017).

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО КЛИЕНТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ФАЙЛАМИ В ОБЛАЧНОМ ХРАНИЛИЩЕ

А. А. Пилецкий

Научный руководитель: Соколова В. В., к.т.н., доцент каф. ПИ

Томский политехнический университет

aap47@tpu.ru

### Введение

С появлением беспроводных мобильных устройств, таких как сотовые телефоны и нетбуки, возрастает потребность в доступе к интернет-ресурсам и перемещении частных данных между устройствами. Использование облачного хранилища в качестве среды для такого обмена информацией является привлекательным. Сохраняя свои данные на удаленном сервере файлового хранилища, пользователь имеет доступ к открытию, копированию, редактированию и добавлению файлов с помощью любого компьютера или смартфона в любой точке мира.

Целью данной работы является разработка и реализация приложения «Telegram CloudDisk» для мобильных устройств на платформе Android. Приложение является аналогом «Яндекс.Диск», позволяя использовать мессенджер «Telegram» в качестве облачного хранилища.

«Telegram» – один из немногих мессенджеров, поддерживающих передачу файлов любого типа. При этом он имеет следующие дополнительные преимущества:

- никаких ограничений по типу файлов;
- файлы до 1,5 ГБ каждый (и в неограниченном количестве);
- безлимитное архивирование.

### Проектирование

При разработке приложения были проанализированы основные требования и функциональные возможности современных мобильных клиентов для облачных сервисов. На основании данного анализа были выбраны основные функциональные возможности разрабатываемого приложения «Telegram CloudDisk».

- *Авторизация.* Пользователь вводит свой номер телефона, зарегистрированного в мессенджере «Telegram» и через некоторое время на данный номер приходит СМС с кодом подтверждения. После ввода данного кода, производится аутентификация.

- *Создание директорий.* Существует возможность создавать папки, тем самым формировать файловую систему.

- *Загрузка файлов в облачное хранилище.* Пользователь, выбирая необходимые файлы, производит их загрузку в облачное хранилище.

- *Скачивание файлов из облачного хранилища на телефон.* Реализована возможность скачивать выбранные файлы из облачного хранилища в память телефона.

- *Копирование/перемещение файлов/директорий.* При желании пользователь может, как

скопировать, так и переместить нужные файлы или папки.

- *Удаление файлов/директорий.*

На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования мобильного приложения.

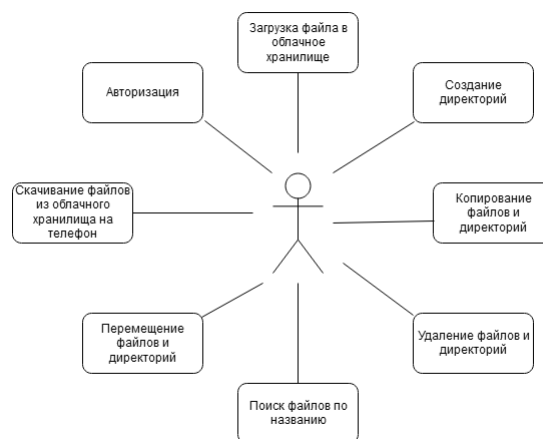


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования приложения «Telegram CloudDisk»

### Среда для разработки программного обеспечения

Для разработки описываемого приложения была выбрана среда разработки мобильных приложений Android Studio с инструментами Android SDK, а также объектно-ориентированный язык программирования Java.

Для взаимодействия приложения с облачным хранилищем используется библиотека TDLib, созданная разработчиками «Telegram». Данная библиотека полностью реализует возможность шифрования, сетевого взаимодействия и локального хранения данных в рамках создания клиентских приложений «Telegram» на протоколе MTPROTO. Библиотека написана на языке C++ и готова к подключению к Java-приложениям под операционную систему Android.

### Создание пользовательского интерфейса

При создании интерфейса было решено сделать его как можно более эргономичным и удобным. При первом открытии приложения пользователь производит авторизацию (рис. 2).





Рис. 2. Авторизация пользователя

После успешной авторизации пользователю предоставляется «выпадающий» список, который позволяет производить навигацию между различными вкладками (рис. 3).

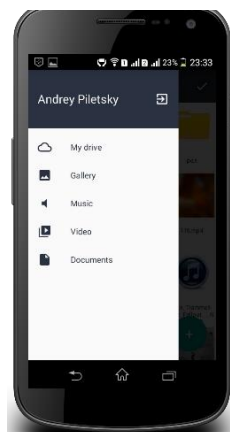


Рис. 3. Навигация приложения

Вкладка «My drive» отображает список всех файлов и папок (рис. 4). Также пользователь может выбрать имеющиеся файлы на телефоне и загрузить их в облачное хранилище. С помощью кнопки «Выделить», пользователь может скачивать, перемещать, копировать и удалять выбранные файлы.

В основном меню мобильного приложения имеются такие вкладки, как «Gallery», «Music», «Video», «Documents». С помощью вкладки «Gallery» можно увидеть галерею изображений. Активировав вкладку «Music», пользователь может открыть фонотеку. Вкладка «Video» позволяет открыть видео-файлы. Если пользователю необходимо просмотреть документы, следует открыть вкладку «Documents».

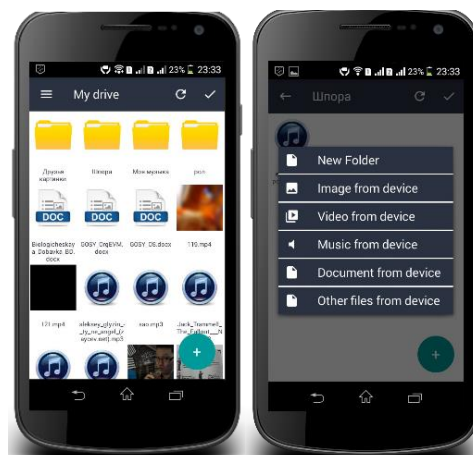


Рис. 4. Вкладка «My drive»

### Заключение

В результате было разработано мобильное приложение для операционной системы Android – файловый клиент для облачного хранилища мессенджера «Telegram». Использование данного решения имеет преимущества над конкурентами, такими как «Яндекс.Диск» и «Google Диск», поскольку имеет удобный пользовательский интерфейс и реализует возможность работы со множеством файлов большого объёма.

На текущее время проводится тестирование приложения в реальных условиях. В дальнейшем планируется расширение функционала, например, обеспечение возможности скачивания целых директорий.

### Список использованных источников

1. Cloud Storage. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sites.google.com/site/aabuhama1/Downhome/Topic3/> (дата обращения 17.11.2017).
2. Что такое облачное хранилище данных? [Электронный ресурс]. – URL: <http://romweb.ru/web-servisy/chto-takoe-oblachnoe-hranilishhe-dannyh/> (дата обращения 17.11.2017).
3. Research on Cloud Data Storage Technology and Its Architecture Implementation. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811065192> (дата обращения 17.11.2017).
4. Отправка огромных файлов в Телеграмм. [Электронный ресурс]. – URL: <http://telegramzy.ru/otpravka-fajlov/> (дата обращения 17.11.2017).
5. Telegram Database Library. [Электронный ресурс]. – URL: <https://core.telegram.org/tdlib/> (дата обращения 17.11.2017).
6. Яндекс.Диск – хранение и обмен файлами [Электронный ресурс]. – URL: <https://disk.yandex.ru/> (дата обращения 17.11.2017).



## **Секция 4. Компьютерная графика и дизайн**

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСТАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ И АНАЛИЗ ЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Божко К.М.

Научный руководитель: Радченко В.Ю.

Национальный исследовательский Томский Политехнический университет

E-Mail: Kristina051296@mail.ru

### Введение

Выставочное оборудование является сопутствующим элементом оформления выставок музея. Различные стойки, витрины, промо стойки должны быть не только украшением выставки, но и обладать рядом определенных функций, а именно:

- удобное хранение;
- защита от повреждений;
- защита от загрязнений;
- транспортировка экспонатов;
- трансформация оборудования;
- информативность.

Таким образом, функции выставочной деятельности позволяют получить нужную информацию, презентовать коллекции и отдельные образцы, расположить на одной площадке максимальное количество экспонатов.

Презентационные стенды и все выставочное оборудование как часть экспозиции должны не только соответствовать техническому уровню экспонатов и всей выставки, но и отражать высокий технический уровень производства их конструкций. Современные промышленные методы позволяют широко использовать новые материалы и покрытия, создавать сложные металлические профили, дающие возможность варьировать конструкцию стендов [1]. Современная промышленность позволяет изготавливать и шестигранные и циркульные (цилиндрические) пространственные системы. Такие конструкции прочны и легки, а также удобны в эксплуатации. Сочетание различных форм дает большое разнообразие пространственных форм.

**Цель работы:** создание выставочного оборудования для минералогического музея.

Для достижения поставленной цели были выявлены следующие задачи:

Ознакомление с основными функциями выставочного оборудования.

Поэтапное создание выставочного оборудования с учетом основных функций.

Этапы создания выставочного оборудования для минералогического музея.

Процесс создания выставочного оборудования можно разделить на следующие этапы:

### 1 этап. Эскизирование.

Эскиз – предварительный набросок, который фиксирует основную идею художественного произведения, сооружения, механизма или отдельной его части. Но вместе с этим в эскизе автор выражает свое художественное кредо, как художник, график и живописец.

Набросок будущего объекта выполняет 2 главные функции:

- позволяет тщательно продумать идею и варианты продукции;
- служит подробной инструкцией по воплощению данной идеи в жизнь [2].

Грамотный эскиз – залог успеха высокого качества создаваемой продукции.

Основной идеей было создание выставочного оборудования, которое могло выполнять следующие функции: удобное хранение минералов, возможность легкого перемещения коллекций, защита экспонатов от повреждений и загрязнений.

В ходе работы был создан эскиз выставочного оборудования. За основу взят цилиндр, который нашел свое отражение в конструкциях полок объекта. Плавные формы делают оборудование безопасным и предупреждают о возможности получения травм. Конструкция выставочного оборудования состоит из семи съемных полок разного размера, которые являются отдельными элементами и в случае поломки легко заменяются на новые. Для удобного размещения минералов полочки имеют сегментарное деление.

Основные части объекта держатся за счет металлической трубы, вкрученной в нижнее основание оборудования. Такое крепление позволяет без особых усилий выдвигать необходимую полку с минералами для их дальнейшего рассмотрения, изучения.

Платформы с экспонатами имеют нижние поддержки, которые складываются в единую композицию и позволяют равномерно распределить вес.

Передвижение выставочного оборудования осуществляется за счет колес, встроенных в нижнее основание конструкции и в элементы поддерживающие полки.

В качестве основных материалов выбраны дерево, пластик, стекло.



Рис. 1. Эскиз выставочного оборудования

## 2 этап. Создание чертежа.

Взяв любой чертеж, легко заметить отличие его от рисунка. На рисунке художник изображает все предметы так, как они представляются его глазу. На чертеже весь предмет следует изображать тщательно и четко. На нем не должно быть ни одной лишней черточки. Каждая линия, ее место, форма и сам вид должны что-то условно изображать.

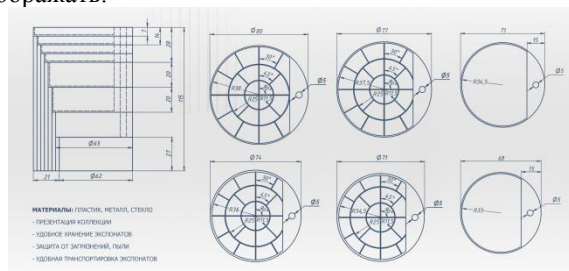


Рис. 2. Чертеж выставочного оборудования

## 3 этап. Создание 3D модели.

Модель выставочного оборудования разработана в профессиональной программе для создания и редактирования трёхмерной графики и анимации – 3D max.

Программа 3D max обладает продуманным интерфейсом и относительной легкостью в освоении. Богатый набор инструментов дает возможность реализовать в программе любую задумку [3].

## 4 этап. Оформление планшета.

Оформление планшета - заключительная часть работы. В нем собрана основная информация о создании изделия, а именно: чертеж, 3D модель, материалы и другие составляющие выставочного оборудования.



Рис. 3. Итоговый планшет

## Заключение

Таким образом, было создано выставочное оборудование, которое выполняет основные функции презентационного объекта, а именно: позволяет ярко представлять коллекции и отдельные образцы, удобно хранить минералы, располагать на одной площадке максимальное количество экспонатов, а так же защищает музейные объекты от пыли и загрязнений.

## Список использованных источников

1. Строительное оборудование [Электронный ресурс] / Официальный сайт: <http://stroylib.narod.ru/ted/zstat-bz265z/index.html> (дата посещения 24.09.2017)
2. Разработка авторской коллекции [Электронный ресурс] / Официальный сайт: <http://diplomba.ru/work/128158> (дата посещения 24.09.2017)
3. Autodesk 3D max [Электронный ресурс] / Официальный сайт: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_3ds\\_Max](https://ru.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max) (дата посещения 24.09.2017).

## ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ РАБОЧЕГО МЕСТА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА МОДУЛЬНОСТИ

Бринюк И.А.

Научный руководитель: Фех А.И.

Национальный исследовательский Томский Политехнический университет  
iab28@tpu.ru

### Аннотация

В условиях необходимости рационального использования рабочего пространства, возникает потребность специалиста в сфере деятельности, занимающегося ремонтом и обслуживанием автомобилей, проектирование многофункционального и удобного рабочего места. Профессия автослесаря многофункциональна и предусматривает работу с большим числом оборудования. Но следует отметить отсутствие удобного и современного рабочего места, которое поможет облегчить условие труда и ускорить ход ее выполнения. Была предложена разработка модульного рабочего места для автослесаря, соединяющего в себе такие функции как, мойка и сушка деталей, их ремонт и хранение всех необходимых жидкостей и инструментов для обслуживания автотранспорта.

### Введение

С развитием автомобильного транспорта усиливалась потребность в специалистах, способных поддерживать автомобили в исправном состоянии. Большой спрос специалистов в данной области вызвало резкое увеличение числа автомобилей в 30-е годы XXв. В дореволюционной России автослесарей обучали в ремесленно-промышленных училищах, в советском союзе получить профессию автослесаря можно было в ПТУ. В настоящее время профессия автослесаря считается одной из наиболее востребованных профессий. Автослесарь- это незаменимая единица, с которой все начинается в сервисном обслуживании. Квалификация специалиста на рабочем месте во многом влияет на репутацию автотранспортного предприятия. Труд специалиста по ремонту автотранспорта локализован и облегчен различными электроинструментами. В рабочее время мастеру по ремонту автотранспорта предоставляется рабочая зона для хранения инструментов и всех необходимых вещей.

Актуальность данного вопроса заключается в том, что многие специалисты нерационально используют рабочее место. В большинстве случаев размещение рабочих инструментов для обслуживания автотранспорта находится в небольшом пространстве и не упорядочено. В разработке концепции проектирования такого рабочего места предлагается использование принципа модульности и создание облегченной и многофункциональной рабочей поверхности.

Которая будет занимать минимальное место в помещении и будет максимально функционально для потребителя. Возможность специалисту в данной области выполнять поставленные задачи за минимальное количество времени.

Подводя итог вышесказанного, была поставлена цель - разработка модульного многофункционального рабочего места, содержащего в себе инструменты и все необходимые вещи для выполнения работы по ремонту автотранспортного средства.

Задачи:

- Изучить специальную литературу и произвести подробный анализ деятельности работника в данной сфере;
- Рассмотреть и выявить достоинства и недостатки существующих аналогов;
- Провести анкетирование среди работников в данной сфере;
- Проанализировать все полученные материалы и создать концепцию рабочего места.

Объектом исследования является рабочее место автослесаря, его основная деятельность в ходе выполнения поставленных перед ним задач.

Автослесарем принято считать специалиста, деятельность которого направлена на ремонт и осмотр транспортного средства. Основными обязанностями автослесаря заключается в регулировке двигателя, тормозов, трансмиссии и осмотре подвески и других частей автотранспортного средства. К профессиональным качествам работника относят такие качества как физическая сила и выносливость, склонность к физическому труду, способность длительное время заниматься однообразным монотонным видом деятельности.

Большее количество работ по ремонту и настройки автотранспорта специалистом выполняется вручную с помощью специальных инструментов. Такими инструментами являются: гаечный ключ, отвертки, вороток, удлинитель, защитные очки, молоток и емкость для слива жидкостей. Для более продуктивного труда автослесаря модульные поверхности. Автослесарю порой приходится отчищать детали машин грязи и различных жидкостей. И для этого порой приходится идти в другое помещение и отвлекаться от работы. Для предотвращения данного неудобства необходимо использование мойки и сушки на рабочем месте. Для правильного

размещения инструментов необходимо нужное количество для их хранения. Данное рабочее место предусматривает нужное количество емкостей для хранения инструментов. Это позволит увеличить производительность труда и улучшить ход ее выполнения.

При рассмотрении аналогов рабочего места автослесаря, которое бы обладало необходимым функционалом и небольшими габаритами найдено не было.

В результате исследования существующих рабочих мест и изучения специальной литературы были предложены эскизы модульного функционального рабочего места автослесаря. (Рис.1). В дальнейшем производились доработки рабочего места в зависимости от функционала. Был представлен окончательный вариант рабочего места. (Рис.2)



Рис. 1. Эскиз модульного функционального рабочего места автослесаря

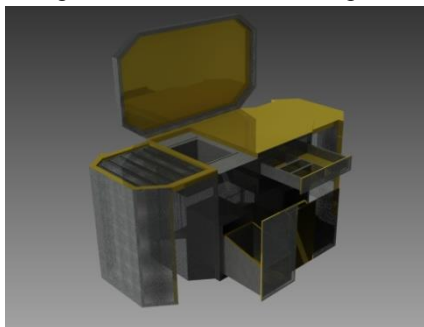


Рис. 2. Окончательный вариант рабочего места

Разработанное модульное рабочее место включает в себя несколько функций: место для хранения необходимых инструментов; мойку для чистки и сушки деталей; дополнительную выдвигающуюся поверхность. Данное рабочее место собирается в одну монолитную конструкцию, которая занимает минимальное количество места в помещении. Главной особенностью данного рабочего места, является наличие металлической мойки, встроенной в основную конструкцию рабочего места. (Рис.3).

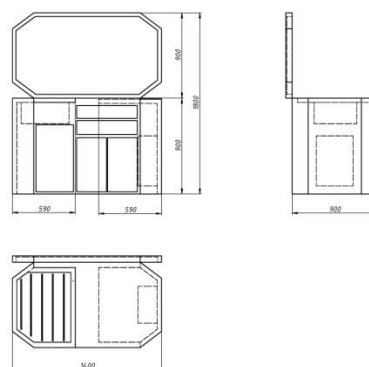


Рис.3 Рабочее место с металлической мойкой

#### Список использованных источников

- 1.Ханников А.А. Автомеханик/ А.А. Ханников.- 2010.- 384 с.
- 2.ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».
- 3.Организация и нормирование труда: учебник для вузов: / Владимир Борисович Бычин, Сергей Викторович Малинин и Евгения Валерьевна Шубенкова; Под ред. Юрий Геннадьевич Одегов. —М.: Экзамен, 2005.
4. Организация рабочего места слесаря по ремонту автомобилей [Электронный ресурс] режим доступа
5. <https://www.kazedu.kz/referat/196147/5>



## СПЕЦИФИКА ТЕХНОЛОГИИ СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛ-СТЕКЛО В ЮВЕЛИРНОЙ БИЖУТЕРИИ

Васильева М.О.<sup>1</sup>, Милованова А.Н.<sup>2</sup>, Пыжова Е.Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Томский политехнический университет

<sup>3</sup>Томский институт бизнеса

Научный руководитель: Томский политехнический университет Кухта М.С. д.ф.н., профессор,  
член Союза Дизайнеров России  
e-mail: [marrian@sibmail.com](mailto:marrian@sibmail.com)

**Аннотация:** В данной статье рассматривается проблема формообразования элемента кулона-подвески с точки зрения композиции, специфики технологии соединения металл-стекло в ювелирной бижутерии. Методы: сравнительный анализ, инженерный, метод системного анализа. Результаты: проведен сравнительный анализ вариантов применения композиционных приемов и сочетания материалов в создании формы элементов подвески из металла и стекла.

**Ключевые слова:** фьюзинг, технологии художественной обработки стекла и металла. При разработке характера ювелирного украшения дизайнеру приходится решать множество задач: учитывать закономерности композиционного формообразования; свойства применяемых материалов, особенности технологий изготовления элементов; эргономический подход к создаваемому изделию. Результат во многом зависит от сочетания вышеперечисленных аспектов. [1-6]

Целью статьи является исследование аспектов формообразования элемента кулона-подвески: специфики технологии соединения металлической и стеклянной деталей; применения композиционных и технологических приемов.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- определить специфику технологии соединения металл-стекло в ювелирном украшении;
- выявить основные принципы формообразования кулона-подвески;
- провести сравнительный анализ вариантов.

В разработке дизайнерских украшений, таких как кулоны-подвески «Рыбки», кроме основных способов и приемов композиции, особое внимание уделяется специфике технологии соединения деталей из стекла и металла. [8]

Главный принцип формообразования таких украшений – синтез художественного образа и технологической разработки общей конструкции кулона как показано на рис. 1, варианты 1, 2, 3.



Рис. 1. Макеты кулонов-подвесок «Рыбки» из стекла и металла.

В данном дизайнерском решении для прикрепления цветного стеклянного элемента к подвеске предлагается использовать оправу в виде ажурной металлической сеточки и объединение их в общую композицию.

В изготовлении стеклянных элементов предлагает применить технологию фьюзинг – спекание в печи при температуре 835 градусов по Цельсию цветных стеклянных частей в единый элемент.

Представленные образцы подвесок-кулонов «Рыбки» выполнялись в несколько этапов в одной технике. Разработанные эскизы, были переведены в электронный формат (с добавлением необходимых элементов литниковой системы) для последующей лазерной гравировки форм. Затем выполнялись восковые модели и заливались в металлические формы. После получения заготовок металлических деталей произведена обработка и шлифование латунной поверхности изделия. [7,8]

Последним этапом в работе стало соединение металлической части украшения со стеклянным элементом кулона.

В качестве основных принципов формообразования предлагаемых вариантов подвески можно рассматривать: композиционное решение, свойства материалов для изготовления и эргономические аспекты (тактильные качества материалов, масса и размер изделия, цветовое восприятие). [9]

Главным в формообразовании кулона-подвески «Небесная», изображенное на рисунке 2, можно считать метод эвристических аналогий, который базируется на отыскании и использовании сходства, подобия предметов и явлений, в целом различных. [1]

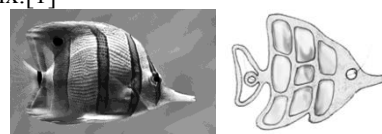


Рис. 2. Природная форма (слева), эскиз (справа)

В работе над макетом кулона «Свет моря» - рисунок 3, применялся метод неологии, основанный на заимствовании. Автор повторил природные формы, трансформировал их, создал новый образ и композицию. Применяемые современные технологии и материалы позволяют продемонстрировать вариативность и стиль кулонов-подвесок «Рыбки».

В разработке формы кулона-подвески «Небесная» варианта 1 основной композиционный прием – симметрия с креплением к одной из сторон металлического элемента.

Эскиз варианта 2 кулон-подвеска «Свет моря», разрабатывался с учетом дисимметрии в композиционном решении металлической части и расположения элемента из стекла ярких цветов.

Дизайн кулона варианта 3 «Золотая рыбка», (рис. 4), представляет собой подвеску ассиметричной формы, состоящую из двух частей ажурной металлической основы и стеклянной цветной вставки.

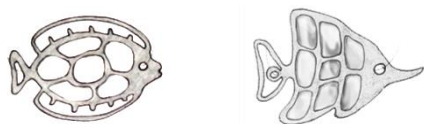


Рис. 3. Варианты эскизов кулонов-подвесок: слева вариант 1 «Небесная», справа - вариант 2. «Свет моря».



Рис. 4. Эскиз кулона «Золотая рыбка».

Для определения привлекательности выполненных макетов элементов подвески был проведен сравнительный анализ представленных вариантов эскизов и макетов на основе тестирования и обработки результатов опроса.

Тестирование проведено в референтной группе состоящей из 14 человек. Художественной образ, технологии и композиции оценивались по пятибалльной шкале и представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты оценки качества изделий

Эскизы украшений	Художественный образ	Технология изготовления	Композиция	Привлекательность изделия	Предполагаемая стоимость изделия, руб.
1	3.6	4.1	4.2	3.5	328.5
2	4.1	4.2	4.4	4.1	550
3	4.0	3.6	4.6	3.9	367

Наиболее привлекательным, по восприятию формы и художественного образа, по мнению опрошенных, является образец варианта № 2 – 4.1. Цветовое решение варианта №3 оценено в 4.6 балла, тогда как варианты №1 и №2 оценены ниже

4.2 и 4.4 баллов соответственно.

Далее оценка технологии изготовления украшения повысилась преимущественно в втором варианте – 4.2 и первом – 4.1. Вариант №2 оценен в 3.6 балла.

#### Заключение

На основании проведенного исследования анализа разработанных макетов элемента подвески, можно утверждать, что вариант № 2 по суммарно максимальному количеству баллов оценки референтной группы является наиболее предпочтительным. Вариант № 3 также высоко оценен, но по сочетанию композиционных приемов значительно уступает предыдущему. Вариант №1 отстает по сумме баллов от первого варианта. А так же, данное дизайнерское решение украшений кулонов-подвесок «Рыбки» выполняет главный принцип формообразования - синтез художественного образа и технологической разработки общей конструкции.

#### Список использованных источников

1. Кухта М.С., Пустозерова О.Л. Влияние дизайна ювелирного украшения в этно-стиле на выбор материалов и технологий. // Дизайн. Теория и практика. – 2013, Вып. 12 – С. 1 – 8
2. Блинова И.В., Куликовских С.Н. Новаторство ювелира-технолога и дизайнера В.В. Блинова. // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2014. – № 2. – С. 22-27
3. Кухта М. С., Соколов А. П., Пустозёрова О. Л. Технологии обработки поверхности в ювелирном дизайне // Известия вузов. Физика. – 2013. – Т. 56. – № 12/2. – С. 155-159.
4. Кухта М.С., Соколов А.П. Особенности создания и восприятия объектов арт-дизайна // Дизайн. Теория и практика. – 2013, Вып. 13 – С. 82 – 89
5. Kukhta M. S. , Kazmina O. V. , Sokolov A. P. , Arventjeva N. A. , Soroka A. A. , Homushku O. M. , Zaitseva S. V. , Sergeyeva M. M. The influence of glass and metal properties on the peculiarities of an item of art's shaping in ethnostyle // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2014 - Vol. 66 - №. 1, Article number 012046. - p. 1-6
6. Sokolov A. P. , Kukhta M. S. , Solovjev R. I. Mathematical modeling in concept designing of bionic objects // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems: Proceedings of International Conference, Tomsk, December 1-4, 2015. - Tomsk: TPU Publishing House, 2015 - p. 1-4
7. Стили ювелирных украшений. / Шаталова И.В. – М.: Издательский дом «6 карат», 2004 – 154с
8. Флёрв А. В. Художественная обработка металлов [Текст] / А.В. Флёрв. – М., Высшая школа, 1976. – 122 с.
9. Рунге В.Ф. Эргономика в дизайне среды / . – М.: Архитектура-С, 2009. – 328 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА НА ПРИМЕРЕ РАБОЧЕГО МЕСТА РАДИОМЕХАНИКА

Викулова М. А.

Научный руководитель Фех А. И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
mascha.vikulovs@yandex.ru

### Введение

Рабочее место - это часть рабочего пространства, в котором находится производственное оборудование, с которым взаимодействует человек в процессе рабочей деятельности. Оптимизация рабочего пространства способствует эффективной, качественной и безопасной работе. Разработкой такого рабочего места занимается специалист в области промышленного дизайна. Промышленный дизайн – это сфера деятельности, занимающаяся проектированием эстетических свойств промышленных изделий, реализацией инновационных продуктов, а также расширением ассортимента продукта. В качестве объекта проектирования было выбрано рабочее место радиомеханика. Целью данного проекта является создание оптимального рабочего пространства путем разработки основных элементов рабочего места с учетом эргономических требований.

Для достижения поставленной цели процесс проектирования необходимо разделить на конкретные задачи: изучение эргономических требований; опрос действующего радиомеханика; разработка функционала для отдельных элементов рабочего места; поиск художественного образа проектируемого объекта; проектирования основных элементов рабочего места с учетом эргономических требований.

Первым этапом проектирования стало эргономическое исследование, к которому относится изучение действующих нормативов, ГОСТов и СНИПов, а также анализ формы [1]. Рабочее место радиомеханика по пространственному расположению является стационарным и представляет собой место для работы преимущественно в сидячем положении с ограниченным перемещением работающего. В это рабочее место входят следующие объекты: рабочий стол (1500 мм в диаметре), который обеспечивает комфортный и эффективный трудовой процесс (рисунок 1), табурет (450 мм), тумба (300 мм), предназначенная для хранения

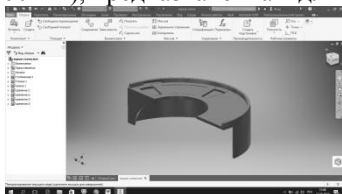


Рис. 1. Модель стола

документации, а также включающая 2 ящика (260 мм) для хранения инструментов, аппаратуры и рабочей одежды.

Глубина элементов рабочего места - 800 мм.

Одним из важных этапов проектирования является опрос потенциального заказчика, в данном случае радиомеханика, для детальной проработки функционала элементов рабочего места и создания наиболее удобного рабочего места. Для проектирования необходимо знать количество и размер используемых инструментов, а также необходимые меры безопасности при использовании рабочего места. Важным этапом было создание художественного образа. В ходе его разработки был выбран стиль стимпанк, а именно стилизация под механизм викторианской Англии [2] (рисунок 2).

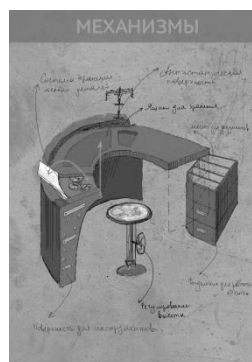


Рис. 2. Художественный образ

Следующим этапом стала техническая часть разработки. При создании рабочего места обязательным требованием является соблюдение ГОСТов, которые учитывают при проектировании мебели и использовании различных типов крепежей. Далее производился выбор материалов согласно разработанной концепции и выбранного художественного образа. Для производства проектируемого рабочего места были выбраны следующие материалы: фанера для изготовления столешницы, ножек стола, полочек, ящиков (т.к. фанера экологический, экономически выгодный и легко обрабатываемый материал); оргстекло для изготовления крышек систем хранения (так как оргстекло прочный и термостойкий материал) и ESD-покрытие как антистатическое покрытие рабочей поверхности [3]. В качестве креплений используются петли и рельсы. Заключительный этап представляет собой визуализацию объекта. С целью более доступного восприятия образа,

конструкции и функционала рабочего места была выполнена 3d модель. Для создания 3d модели рабочего места используется программа Autodesk Inventor. Данная программа помогает тщательно проработать конструкторскую сторону проектируемого объекта, а именно функционирование составляющих, а также возможность существования разработки в действительности. Для более эффективной визуализации используется программа 3DsMax, которая позволяет детально проработать внешний вид проектируемого объекта, а также поместить его в любое окружение (рисунок 3).



Рис. 3. Модель рабочего места в 3ds Max

Не менее важным аспектом является выбор цветовой палитры. Цвета должны соответствовать желаниям заказчика, факторам при работе, а также поддерживать выбранный художественный образ [4]. К факторам нахождения на рабочем месте относятся степень освещенности рабочей поверхности, психологические особенности человека. Для рабочего места радиомеханика были выбраны натуральные цвета, которые подходят для поддержания художественного образа: коричневый, серый, медный.

### Заключение

В процессе проектирования было создано рабочее место радиомеханика. В процессе работы над проектом были изучены методы эргономических исследований, ГОСТы, СНиПы и нормативы, регламентирующие правила проектирования рабочих мест. На их основе было спроектировано рабочее место радиомеханика, который устранил недостатки существующих рабочих мест. Проектируемое рабочее место имеет четкое деление на две рабочие зоны, все органы управления располагаются в соответствующих зонах досягаемости, тем самым оптимизируют рабочий процесс, а также данное рабочее место несет в себе художественный образ, который делает внешний вид более эстетичным. Таким образом, были решены все задачи и достигнута поставленная цель.

### Список использованных источников

1. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование

техники, программных средств и среды. Учебник. – М.: Логос, 2001. – 356с: ил.

2. Эксперимент в дизайне. Источники дизайнерских идей: учебное пособие/ сост. А.Н. Лаврентьев – Москва: Университетская книга, 2010-243 с.: ил.

3. Дизайн. Материалы. Технологии [электронный ресурс]: энциклопедический словарь / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. В.И. Куманина; под ред. М.С. Кухта – Томск: Изд-во ТПУ, 2011

4. Инженерная психология и эргономика. Хрестоматия Автор: Манухина С.Ю. Издательство: ЕАОИ, 2009. – 224 с 6 ил.



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ СВЕТОПРОПУСКАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

О.В.Долгалёва

Научный руководитель: Радченко В.Ю.

Национальный исследовательский Томский Политехнический университет

E-Mail: olga.dolgaleva.96@mail.ru

### Введение

На сегодняшний день на рынке прозрачных материалах имеется большое разнообразие, но не смотря на то что в последние двадцать лет, нет четкой классификации прозрачных материалов их условно делят по светопропускаемости на прозрачные и полупрозрачные. Традиционные и инновационные прозрачные материалы имеют ряд отличительных характеристик по светопропускаемости, плотности, пределу прочности, звукопоглощению, ударной прочности, бликованию и т.д. В ходе исследований было проведено сравнение указанных характеристик для часто применяемых традиционных прозрачных материалов, а также их экологические показатели: токсичность, устойчивость к химическим воздействиям, пожаробезопасность.

### Багетное стекло

Багетное стекло – это важная деталь при оформлении бумажных, текстильных или музейных работ. Стекло предохраняет и защищает объект хранения от вредного воздействия окружающей среды. Но при всех своих достоинствах обычное стекло имеет один существенный недостаток: оно дает сильные блики. И в первую очередь зритель видит в стекле собственное отражение, а не сам объект.

Эту проблему позволяет решить безбликовое стекло, которое обеспечивает защиту объекта.

Главное отличие безбликового стекла – невидимое антиотражающее покрытие, благодаря которому оно не дает бликов. Отражение света сводится к минимуму, сохраняя силу и богатство цветовой гаммы произведения искусства.

**Бесцветное (или прозрачное) листовое стекло** является основным продуктом стеклокерамической промышленности, получаемым путем плавления и дальнейшей технологической обработки кварцевого песка и различных примесей.

В зависимости от качества стекло подразделяются на несколько сортов: от М0 (самое высокое качество) до М7 (самое низкое качество). Такое стекло не имеет никаких видимых глазу дефектов на своей поверхности и обладает высоким коэффициентом светопропускания. Остальные характеристики, такие как плотность, твердость, коэффициенты преломления и отражения света соответствуют высоким требованиям нормативных документов на стекло.

**Стекло тонированное (окрашенное в массе)**

Такой материал обладает высокой светопоглощающей способностью, что позволяет использовать его для остекления фасадов зданий, кровельных сооружений, стеклопакетов, изготовление витрин из триплекса, перегородок, вставок в двери, элементов мебели и многого другого.

Тонированное в массе стекло обладает всеми свойствами обычного Float или Clear стекла и может подвергаться закалке, молированию, сверлению, обработке кромки фасетом, полировкой или шлифовкой. Очень часто стекла, окрашенные в массе, используют для изготовления витражей и узорчатого стекла.

### Стекло Optiwhite

Стекло Optiwhite можно резать, гнуть, подвергать закалке, УФ-склейке, сверлению и пескоструйной обработке. Оно имеет такие же технические характеристики, что и обыкновенное стекло. Единственное различие, это абсолютная прозрачность не зависимо от толщины.

**Оргстекло** – прозрачный твердый материал, способный при нагревании менять форму. Имеет несколько названий, определяющих его физическую и химическую сущность. Основа для изготовления оргстекла – органические полимеры. Метод получения и исходные материалы определяют свойства конечного продукта.

- Плотная, гранулированная структура материала обладает способностью рассеивать свет.

- Материал обладает высокой пластичностью. Гнуть акриловое стекло можно при любой температуре, так называемый «холодный способ». Нагреваясь до температуры 90-110°C, оно размягчается, что позволяет создавать любые формы.

- Легко воспламеняется при температуре выше 460°C. Однако при горении вредных веществ в окружающую среду не выделяет.

- Пропускает большую часть световых лучей видимого и ультрафиолетового спектров. Ультрафиолет не оказывает влияния на внешний вид и физические характеристики пластика. Прозрачность зависит от используемых в процессе изготовления добавок. С помощью красителей получают материал различного цвета.

- Высокая морозостойкость оргстекла обеспечивает возможность применения при температурах до минус 40°C.



- Характеризуется высокой механической прочностью, способностью сопротивляться ударным воздействиям, жёсткостью.
- Отсутствует реакция на влияние газов, содержащихся в городской среде.
- Органическое стекло – водонепроницаемо, его водопоглощение минимально.
- Внутренняя структура не способствует развитию бактерий, грибов и других патогенных микроорганизмов.
- Не проводит электрический ток.
- Материал соответствует требованиям экологической безопасности.
- Легко поддаётся обработке, переработке и может использоваться повторно.

[http://www.saratovglass.ru/catalog\\_p\\_5.html](http://www.saratovglass.ru/catalog_p_5.html) (Дата обращения: 23.04.2017)

### **Заключение**

Разнообразие прозрачных кровельных материалов достаточно велико, кроме перечисленных в работе. Обоснование эффективного материала возможно только при комплексном подходе к функциональному назначению, конструктивному решению создания объекта и кластерном анализе всех показателей: физико-механических, технических, технологических, экологических, экономических и эксплуатационных. Авторский подход основывается на том, что для правильного выбора материала необходима четкая классификация прозрачных материалов, на основе которой можно определить индекс применимости материала. Подборка стекла индивидуально, и нет единого решения. Для каждой конструкции применяется разный вид стекла, но в ходе сравнения было выявлено, что оптимальным по параметрам и ценам, является оргстекло.

### **Список использованных источников**

1. Мельников И. В. Стекло и его свойства. Сырьевые материалы для стекловарения. Приготовление шихты / Мельников И. В.
2. В.П.Храмков, Е.А.Чугунов. Материалы для производства и обработки стекла и стеклоизделий / В.П.Храмков, Е.А.Чугунов
3. Основа для изготовления оргстекла [электронный ресурс]- [http://metallcheckiy-portal.ru/articles/ximprom/plastiki/orgsteklo\\_ego\\_svoistva\\_i\\_vidi\\_izdelii](http://metallcheckiy-portal.ru/articles/ximprom/plastiki/orgsteklo_ego_svoistva_i_vidi_izdelii) Режим доступа: свободный. (Дата обращения: 1.05.2017)
4. Багетное стекло[электронный ресурс]- <http://www.neoart.ru/catalog/109/> Режим доступа: свободный. (Дата обращения: 23.04.2017)
5. Бесцветное (или прозрачное) листовое стекло [электронный ресурс] - <http://ecosteklo.ru/steklo/bestsvetnoe-steklo/> (Дата обращения: 23.04.2017)
6. Стекло тонированное (окрашенное в массу) [электронный ресурс]-

## АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО МУЗЕЯ

Ефремов Г.А.  
Томский политехнический университет  
gae1@tpu.ru

### Введение

Любой музей представляет собой частицу истории. К сожалению, в наше время их популярность довольно низкая. Наиболее перспективным направлением оживления интереса к ним является виртуализация пространства музея.

Через новые технологии появляется возможность привлечь людей к изучению культурных объектов, ведь легче и удобнее изучить виртуальный музей, чем проводить традиционную экскурсию. Это не только может улучшить популярность музея в глазах молодого поколения, но и позволит малоподвижным людям посетить те места, в которые по объективным причинам они попасть не имеют возможности.

На данный момент разработка полностью виртуальных конструкторов экспозиции музеев редко используется. В основном под виртуальным музеем понимается систематизация экспонатов в базу данных с их описанием и размещение в сети Интернет полного списка экспозиции для привлечения посетителей.

### Анализ инструментария

Попытки создания конструкторов виртуальных пространств были и раньше. Фирма "Параграф" создала в 1996 году продукт Virtual Home Space Builder (VHSB), предназначенный для создания виртуальных трехмерных миров, которые можно выставить в Сети на всеобщее обозрение[4].

С момента выхода данного приложения прошло уже много лет и технологии сделали огромные шаги вперед. «Виртуальная реальность – это реальность, в которую мы эмоционально погружаемся за счет ощущений, звуков, видеоряда. Стоит признать, что виртуальных музеев с полным погружением еще не существует» - говорит Владимир Определёнов, заместитель директора по информационным технологиям Государственного музея изобразительных искусств имени А.С. Пушкина. Однако с появлением технологий виртуальной реальности и всё большим распространением и удешевлением средств разработки в виртуальной среде, создание «полностью виртуального» музея становится возможным.

Решения в сфере моделирования музеев за последние несколько лет развивались исключительно в качестве фото экспозиции, что отсекает гигантские возможности игровых движков и технологий 3d-моделирования в целом. Можно сказать, что на разработку инструментария для создания виртуальных пространств, а конкретнее музеев, следует выбирать программы, которые максимально удобны, просты в освоении

и предоставляют максимальные возможности бесплатно.

Трехмерная графика — это обширная научная область, в которой можно бесконечно улучшать свои знания и навыки. Для каждого ПО характерен свой специфический набор характеристик, определяющий область, в которой данный 3D-редактор будет удобно применять.

3ds Max — лучшая программа для архитектурных визуализаций, с полной совместимостью с другими продуктами Autodesk, как ArchiCad, имеющая обширные библиотеки архитектурных материалов, а также гибкие настройки визуализатора.

Autodesk Maya - безусловный лидер в создании специальных эффектов в кино и анимации. В противовес 3ds Max, который больше рассчитан на инженеров и технарей, инструментарий этого пакета очень близок творческим людям.

Cinema 4D и VuxStream — это лучшие варианты для начала своего знакомства с трехмерной графикой.

Blender — идеальное решение для тех, кто привык экономить бюджет, не уступает в функционале платным аналогам.

ZBrush – лучшее решение для виртуального скульптинга на сегодняшний момент.

Игровой движок - центральный программный компонент компьютерных и видеоигр. Он упрощает разработку и даёт игре возможность запускаться на нескольких платформах, таких как игровые консоли и настольные системы, например, Linux, Mac и MS Windows [1].

Хоть данное ПО и носит название «игровой» эти программы давно не используются для создания исключительно игровой продукции.

Игровой движок включает в себя: визуализатор, физический движок, звук, систему скриптов, анимацию, искусственный интеллект, сетевой код, управление памятью и многопоточность.

В дополнение к многократно используемым программным компонентам, игровые движки предоставляют набор визуальных инструментов для разработки. Эти инструменты обычно составляют интегрированную среду разработки для упрощённой, быстрой разработки игр на манер поточного производства. Эти игровые движки иногда называют игровым подпрограммным обеспечением, так как, с точки зрения бизнеса, они предоставляют гибкую и многократно используемую программную платформу со всей необходимой функциональностью для разработки игрового приложения, сокращая затраты, сложность и время разработки.

Таблица 1. Сравнение игровых движков

Название	Год	Порог	Исходный код	Цена	Поддержка платформ	Языки	Рез-тат
Cry Engine 3	10.2009	С	закрытый	Бесплатный для некоммерческого использования	Xbox 360, Xbox One, PlayStation 3, WiiU, DirectX 9.11. Нет поддержки мобильных платформ.	C++ и скриптовый язык Lua	Продвинутые технологии, но визуальное впечатление не производит
Unreal Engine UDK	11.2009	Н	закрытый	Бесплатный для некоммерческого использования	Windows PC, Windows Store, OS X, iOS, Android и консоли предпоследнего поколения.	собственный скриптовый язык UnrealScript	С использованием PhysX от nVidia для физики, выигрывает в визуальном плане (частицы, реакция объектов)
Unity 3D	10.2009	Н	закрытый	indie-версия: free pro-версия: 1500\$	iOS, Android, Nintendo, Wii, PlayStation 3, Xbox 360, Windows XP/Vista/7, -SX, Flash.	C#, Java script, Boo	Прекрасная картинка, не требующая при создании больших познаний в коде.
Source Engine SDK	06.2009	Н	закрытый	Лицензия проприетарная, но Source SDK доступен бесплатно всем польз-м Steam, для разработки модов.	Xbox, Xbox 360, Xbox One PlayStation 3 PlayStation 4 Android. В основном для PC.	Написан на C++	Хорошая анимация персонажей и транспорта

Табл.1. Сравнение игровых движков

Для сравнения был выбран список из самых популярных движков, предоставляющих свою бесплатную версию:

1) Cry Engine 3 - движок нового поколения, разработанный Crytek.

2) Unreal Engine 4/ UDK UE4 до сих пор считается самым популярным игровым движком верхнего уровня. Epic Games выпустила бесплатную версию под названием UDK, которая позволяет использовать движок для создания некоммерческих игр и бесплатных приложений.

3) Unity 3D - мульти платформенный игровой движок, не оформленный к определенному стилю игр Windows, Mac OS X и Linux.

4) Source Engine SDK для создания модификаций на движке Source, бесплатно распространяемый Valve через сеть Steam всем игрокам, купившим любую Source-игру от Valve.

Выберем и рассмотрим основные характеристики игровых движков, на которые обычно обращает внимание рядовой пользователь (таблица 1):

- Новизна. Даты релизов и их соответствие своему времени выхода (относительно ситуации на рынке и наличия более продвинутых версий).

- Порог вхождения. Оценка необходимых знаний для работы с выбранным видом движка. Условно обозначим «Н» - если низкий и «С» - средний.

- Исходный код. Характеристика, определяющаяся атрибутами «закрытый» или «открытый».

- Поддерживаемые платформы и используемые языки.

- Практическая ценность результатов. Произведено сравнение визуальных характеристик рассматриваемых типов.

- Цена. Хотя рассматриваются условно бесплатные движки, у каждого есть полноценная коммерческая версия, цена на которую тоже имеет немаловажное значение.

### Заключение

Для создания виртуальных музеев рекомендуется выбрать следующие программы: 3ds Max, Maya и ZBrush. 3ds Max – из-за удобства

в архитектурной визуализации, а также огромной библиотеки моделей, Maya – добавление анимации для оживления сцены, а ZBrush – для удобства создания архитектурных элементов, таких как различного рода лепнины, молдинги, розетки и т.д.

Для выполнения поставленной задачи стоит выбрать игровой движок Unreal Engine 4, так как данный движок предоставляет возможности создания проекта под любую платформу, предоставляет возможность интеграции объектов из сторонних редакторов, а также выигрывает у конкурентов в простоте освоения и визуальном плане.

### Список использованных источников

1. UEngine.Ru Русскоязычное сообщество Unreal Engine 4 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://uengine.ru/>, свободный (дата обращения: 19.09.2017)
2. Какой игровой движок выбрать: Unity, UDK или CryENGINE? 3Dpara.ru [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://3dpara.ru/what-game-engine-to-choose/>, свободный (дата обращения: 18.09.2017)
3. Сайт — Википедия [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>, свободный (дата обращения: 10.10.2016).
4. Сайт – Издание PC Week\RE [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=40193>, свободный (дата обращения: 20.11.2016)
5. Сравнительный анализ игровых движков [Электронный ресурс] - Режим доступа - <https://repetitora.com/sravnitelnyj-analiz-populyarnyh-dvizhkov-razrabotki-igr>, свободный (дата обращения 07.07.2017).

## РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИКАЛЬНОГО ДИЗАЙНА ИГРОВОГО МАНИПУЛЯТОРА DUALSHOCK 4

Л.Н. Иванова, А.В. Шкляр  
Научный руководитель: А.В. Шкляр  
Томский политехнический университет  
E-mail: lni1@tpu.ru

### Введение

Игровые консоли пользуются большой популярностью из-за качества игр, которые для них выпускаются студиями-разработчиками. Это качество во многом достигается за счет того, что консоли одной модели полностью одинаковы по своим аппаратным характеристикам. К сожалению, при этом внешний вид консолей так же редко подвергается изменениям.

Большинство изменений внешнего вида консолей PlayStation 4 заключаются в нанесении наклеек, или принтов на устройство. И если на самой консоли имеется достаточно свободного места, которое позволяет подчеркнуть индивидуальные предпочтения владельца игровой системы, то на джойстике оно практически отсутствует. Учитывая, что основное взаимодействие с консолью происходит при помощи джойстика, именно его дизайн будет регулярно привлекать внимание пользователя.

### Описание джойстика DualShock 4

Внешний вид джойстика представлен на рисунке 1.



Рис.1. Внешний вид DualShock 4

Инженеры и дизайнеры компании Sony создали прекрасный игровой манипулятор, о чем свидетельствуют многочисленные отзывы. Благодаря своей форме джойстик естественно ложится в руку, а все элементы для управления оказываются в близости от пальца.

Элементов управления не много:

- Два аналоговых стика
- Четыре кнопки справа (используются для выполнения действий)
- Четыре кнопки-стрелки слева (используются для навигации в меню)
- Сенсорная панель

- Четыре кнопки, находящиеся под указательными и средними пальцами.

- Кнопки share, option и ps

Также в джойстике имеются датчики движения, вибропривод и встроенный динамик. В совокупности все эти элементы позволяют усилить погружение игрока, используя обратную связь.

### Существующие способы модификации джойстика DualShock 4 и консоли Playstation 4

Наиболее простым способом изменить внешний вид является использование специальных наклеек, замена кнопок и покупка накладок на аналоговые стики.

При этом большая часть представленной на рынке продукции имеет однотонный цвет, который позволяет только выбрать максимально комфортный цвет, практически не отражая предпочтений владельца. Следует помнить, что многие увлеченные геймеры любят демонстрировать свою приверженность определенным играм через оформление деталей интерьера в соответствии со стилем игры. Игровая система, безусловно, тоже является элементом интерьера, чей внешний вид играет существенную роль для геймера.

Не редким является случай, когда выпускается ограниченная линейка консолей с дизайном, стилизованным под конкретную игру. К сожалению, при этом основной акцент смещается в сторону оформления именно корпуса консоли каким-либо принтом. Джойстик такой консоли обычно имеет просто другие цвета элементов, что не может полностью отразить его принадлежность к игре.

Мало кто из производителей, или игроков отваживается изменять существующий удачный дизайн корпуса игрового манипулятора. Также для некоторых игр не выпускается специально оформленная линейка консолей.

### Обзор игр, ставших основой для уникального дизайна

Существует целый ряд эксклюзивных игр, насладиться которыми можно только на Playstation 4. Об играх серии Uncharted, God of War, The Last of Us и Bloodborne слышали даже те игроки, которые никогда не владели Playstation 4. Эти игры настолько успешны, что люди готовы наслаждаться их сюжетом через просмотр видео с прохождением игры.



В качестве основы для уникального дизайна были выбраны линейки игр Bloodborne и Dark Souls. Выбор основан на том, что это схожие линейки игр, поэтому дизайн позволит охватить более широкую аудиторию [2]. Также эти игры имеют достаточно мрачную атмосферу умирающего мира и подстерегающей на каждом углу опасности. Этот стиль привлекал и будет продолжать привлекать игроков, поэтому наличие геймпада, выполненного в подобном стиле, останется актуальным для этой части геймеров.

Тематика игр склоняет разработчиков к демонстрированию скелетов существ, населяющих вселенную игры. Встречаются как традиционные для игр ожившие скелеты и их модификации, например, скелет-колесо из игры Dark Souls, так и разнообразные твари, пугающие игрока своим внешним видом, в котором присутствуют торчащие кости, или неестественно вывернутые конечности.

Отправной точкой для создания дизайна послужили скелеты и один из боссов игры Bloodborne [1], изображенный на рисунке 2.



Рис.2. Церковное чудовище из игры Bloodborne  
**Создание нового дизайна**

Самыми узнаваемыми и используемыми на изображениях частями скелета являются череп, кисти рук, грудная клетка и позвоночник. Естественная форма грудной клетки плохо подходит на роль основной формы для нового джойстика. Однако, если добавить ключицы и несколько увеличить её в ширину, то полученная форма хорошо ложится в принятые для геймпадов формы.

Учитывая отсутствие чертежей устройства в открытом доступе, разработку дизайна приходится вести, основываясь на приблизительных размерах игрового манипулятора. По этой же причине самым удобным вариантом моделирования будет не моделирование с помощью компьютерных программ, а создание макета. На рисунке 3 изображена начальная стадия создания макета. В процессе создания формы из пеноплекса можно проверить удобство использования нового дизайна, и скорректировать выявленные недостатки.



Рис.3. Начальная стадия создания макета

Разработка нового дизайна ведется с учетом деталей оригинального дизайна. Сохраняется угол и диаметр ручек, за которые пользователь держит джойстик. Расположение основных кнопок не меняется, чтобы пользователям не пришлось долго привыкать к новому джойстику. Четыре кнопки, находящиеся под указательным и средним пальцами, стилизуются под кости с приблизительным сохранением их размера. При этом переход между двумя кнопками одной стороны будет более резким и выраженным, что позволит получить более четкий тактильный отклик, когда манипулятор берется в руки.

Форму грудной клетки следует изменить таким образом, чтобы её нижние ребра не мешали пользователю держать игровой манипулятор. Следует учитывать и большое количество аксессуаров для DualShock 4 [3]. Новая форма должна позволять использовать как минимум самые распространенные из них, например зарядную станцию для двух джойстиков

Для аналоговых стиков ведется разработка силиконовых насадок, чтобы наиболее гармонично вписать их в новый дизайн.

### Заключение

В данной работе рассмотрены проблемы модификации существующего дизайна консоли и джойстика Playstation 4. Проведен обзор существующих способов модификации, а также игр, взятых за основу для нового дизайна, и предложен свой уникальный дизайн. Ведется создание макета нового дизайна.

### Список использованных источников

1. Церковное чудовище // Bloodborne вики // URL: [http://ru.bloodborne.wikia.com/wiki/Церковное\\_Чудовище#10](http://ru.bloodborne.wikia.com/wiki/Церковное_Чудовище#10) (дата обращения: 15.08.2017)
2. Моддинг и Аксессуары для PlayStation 4 // Форум 4PDA // URL: <http://4pda.ru/forum/index.php?showtopic=634225> (дата обращения: 15.08.2017)
3. Моддинг манипулятора Dualshock 4. Простой моддинг геймпада PS4 // URL: <http://pristavki.su/index.php/topic/2505-modding-kontrollera-dualshock-4-prostoi-modding-geimpada-ps4/> (дата обращения: 09.09.2017)



## УЛУЧШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТЕЗОВ РУКИ

Л.Н. Иванова

Научный руководитель: А.В. Шкляр  
Томский политехнический университет

E-mail: lni1@tpu.ru

### Введение

В жизни человека, которому пришлось перенести ампутацию руки, происходят большие изменения. Обычные повседневные действия, которые раньше выполнялись естественным образом, теперь требуют новых усилий и навыков. Протезы конечностей должны отличаться многофункциональностью и надёжностью, а также отвечать всем требованиям, которые предъявляются к ним пользователями.

Развитие технологий позволяет людям с ограниченными возможностями жить более полноценной жизнью. Современные материалы, датчики силы прикосновения, емкие аккумуляторы и точные двигатели позволяют людям, лишившимся конечности, выполнять повседневные действия с недоступной ранее для инвалидов простотой.

При этом, несмотря на то, что создатели протезов уделяют достаточное внимание основным функциям руки и её эстетическому виду, имеется ряд функциональных ограничений, которые существующие протезы на данный момент не преодолели.

### Обзор современных протезов:

На данный момент самыми качественными и удобными в эксплуатации протезами рук являются бионические протезы. Функционирование таких протезов построено на получении сигналов от человека, свидетельствующих о его намерении совершить движение рукой. Наличие такого рода информации позволяет протезу реагировать на желания человека таким образом, чтобы максимально симитировать наличие полноценной конечности.

Всего можно выделить четыре основных, существующих сегодня, принципа управления протезами [1]:

- *Тяговое управление* – осуществляется при помощи механических тяг, передающих движение протезу. полностью контролируется усилиями самого человека.

Сильная сторона такого механизма — возможность контролировать усилие. При выполнении хвата пользователь сам определяет силу сжатия, скорость и может почувствовать сопротивление, когда кисть/крюк упирается в предмет и не может продолжать сдавливание. Механизм прост в управлении, его можно использовать в воде, он легок в обслуживании.

Слабая сторона — это ограниченность силы хвата возможностями самого человека.

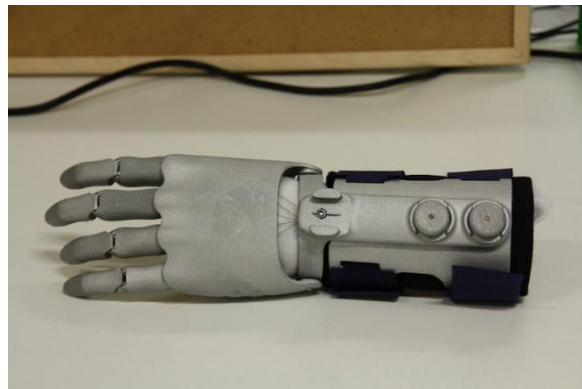


Рис.1. Тяговый протез кисти «Киби»

- *Электромиографическое управление* – основанно на считывании биоэлектрических потенциалов, которые возникают при сокращении мышц на уцелевшей части руки.

- *Электроэнцефалографическое управление* – использует считывание электрических потенциалов, создаваемых в мозгу, посредством энцефалографии (ЭЭГ). Сигналы принимаются с датчиков, располагающихся на поверхности кожи головы, декодируются компьютером и преобразуются в команды, управляющие протезом.

- *Управление с помощью электронных имплантов* – в кору головного мозга вживляются электроды, с помощью которых регистрируется активность корковых нейронов.

Из перечисленных выше способов управления именно последние три позволяют создавать бионические протезы, отличающиеся возможностью использовать сложные движения, благодаря своей конструкции. Самые дешевые бионические протезы способны выполнять одно-два основных движения, вроде хвата, или взятия в щепоть. Более дорогие протезы обладают набором уже из нескольких десятков различных хватов.

Такая разновидность протезов позволяет гораздо быстрее научиться выполнять действия, требующие активного использования пальцев. Однако при этом многим бионическим протезам часто требует техническое обслуживание и они, как правило, не работают в воде. Еще одним минусом является недолгое время работы на одном заряде батареи.



Рис.2. Бионический протез «Страдивари»

### **Существующие проблемы бионических протезов**

Слабые и сильные стороны разных типов протезов уже упоминались выше. Однако при этом существуют проблемы, связанные с тем, что производители, упускают из виду небольшие детали, от которых зависит удобство ежедневной эксплуатации протеза.

Отсутствие освещенности этих проблем объясняется тем, что протезы – это слишком специфический товар, отзывы на который не размещаются на популярных ресурсах.

Например, мало кто задумывается, что протез может с трудом пролезать в рукав из-за размера кисти. И если естественную кисть легко сжать в кулак, подогнув большой палец, то во многих протезах большой палец продолжит выпирать и не даст просунуть руку в рукав [2].

Также одной из самых известных и активно решаемых проблем является отсутствие тактильной связи. Активно ведутся разработки материала, который способен её обеспечить, однако на это требуется время. А если принять во внимание стоимость конечного продукта, то можно с уверенностью утверждать, что до рядовых инвалидов эти разработки доберутся не скоро.

Следует упомянуть, что протезы имеют необходимость постоянно замены перчаток на протез, которые из-за постоянной эксплуатации приходится менять раз в полгода. Перчатки сильно пачкаются за время эксплуатации, темнеют и протираются. Еще одной проблемой является то, что материал, из которого изготовлена перчатка, должен хорошо цепляться за хватаемый предмет. При этом, если тыльная сторона перчатки выполняется из того же материала, то перчатка будет цепляться внутри рукава одежды, во время одевания.

### **Варианты решения существующих проблем**

Отсутствие обратной тактильной связи в повседневной жизни решается благодаря наличию

связи зрительной. Инвалиды не могут выполнять действия вслепую, поскольку зрение заменяет им отсутствие привычных ощущений от руки. В связи с этим у инвалидов возникают проблемы в темных помещениях, или в темное время суток. Добавление внутренней, или внешней подсветки в протез сильно облегчит его использование в подобных ситуациях. А выделение светом отдельных частей протеза облегчит понимание его положения в пространстве. Так же подсветка поможет увидеть, например, закатившиеся под кровать вещи, которые обычный человек может нащупать. Слабые светодиоды не смогут сильно сократить время работы от аккумулятора, но при этом существенно упростят жизнь владельца протеза.

При разработке дизайна протеза следует обратить внимание на размер кисти руки и возможность сжатия её в кулак таким образом, чтобы у инвалида была возможность без проблем одеваться. Этот параметр может и должен меняться в зависимости от возраста человека, который использует протез.

Учитывая тот факт, что современное общество уже вполне привыкло к тесной интеграции техники в человеческую жизнь, перчатка для протеза не обязательно должна копировать внешний вид человеческой руки. Это дает инженерам и промышленным дизайнерам простор в выборе современных материалов при создании перчаток и самих протезов, позволяя сделать внешнюю поверхность гладкой и при этом стойкой к повреждениям.

### **Заключение**

В статье проанализированы и выявлены варианты решения существующих проблем, используя которые производители и промышленные дизайнеры могут значительно улучшить функциональные и эксплуатационные характеристики существующих протезов без существенных дополнительных затрат.

### **Список использованных источников**

1. По мановению мысли / Д. Степаненко // Популярная механика – 2016. – Т.160, №2. – С. 26–27
2. Интервью с владельцем бионических протезов BeBionic и MyoFacil: их достоинства и недостатки в повседневной жизни // Новостной портал GeekTimes // URL: <https://geektimes.ru/post/277752/> // Дата обращения: 03.09.17
3. Бионические руки: история, будущее и реальность //Новостной портал GeekTimes // URL: <https://geektimes.ru/post/276638> // Дата обращения 03.09.17

## НАХОЖДЕНИЕ УЧАСТКОВ ДЕФОРМАЦИИ СТУЛЬЕВ В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

Л.Н. Иванова, А.А. Черепов, А.В. Шкляр  
Научный руководитель: А.В. Шкляр  
Томский политехнический университет  
E-mail: lni@tpu.ru

### Введение

Стул является самым распространенным и массовым мебельным изделием. По всему миру выпускается огромное количество разнообразных моделей стульев, включая плетенные, литые, клеенные и т.д. При этом стулья эксплуатируются в наиболее тяжелых условиях, по сравнению с другими мебельными изделиями [1]. Особенно это становится заметно в общественных местах.

Из-за постоянных нагрузок происходит быстрый износ деталей изделия и их соединений. Обычно мебель признают негодной из-за поломок ножек, подлокотников, или деформации сидения.

Поскольку программы для 3D моделирования можно применять в том числе и для целей симуляции физических процессов, то возникает вопрос применимости этих программ для моделирования деформации частей стула с целью определения уязвимых участков.

### Испытания стула на прочность

В Российской Федерации нормы испытания стульев на долговечность закрепляются в ГОСТ 12029-93 «Мебель. Стулья и табуреты. Определение прочности и долговечности». При этом метод испытания стульев на долговечность не распространяется на стулья складной конструкции [2].

Важным испытанием для стула является проверка сиденья на ударпрочность. Для этого стул закрепляется на стенде, который периодически сбрасывает на него груз. Масса груза и высота, с которой производится сбрасывание, регулируются ГОСТом [2] и выбираются из таблицы в соответствии с уровнем проводимых испытаний. Пример такого стенда изображен на рисунке 1.

Производство одного промышленного образца для испытаний требует определенных материальных и временных затрат, которые несет производитель. В случае провала испытаний потребуются дополнительные затраты. Для того, чтобы уменьшить вероятность того, что разработанный дизайн стула не сможет пройти испытания, можно использовать методы моделирования нагрузок, которые испытывает стул во время испытаний.

Для моделирования нагрузок и последующей деформации стула можно воспользоваться моделью поведения твердого тела.

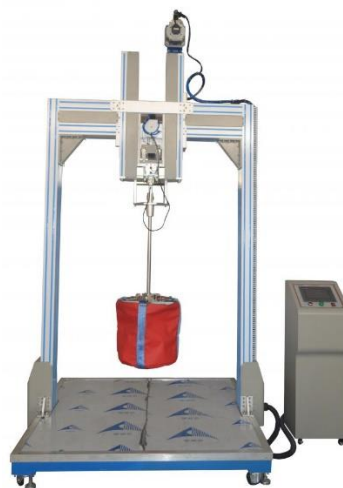


Рис.1. Пример стенда для испытания стула.

### Механика деформации твердого тела

При деформациях твердого тела его частицы (атомы, молекулы, ионы), находящиеся в узлах кристаллической решетки, смещаются из своих положений равновесия. Этому смещению противодействуют силы взаимодействия между частицами твердого тела, удерживающие эти частицы на определенном расстоянии друг от друга. Поэтому при любом виде упругой деформации в теле возникают внутренние силы, препятствующие его деформации.

Таким образом, механика деформации твердого тела рассматривает движение частиц твердого тела под воздействием внутренних сил, вызванных деформацией из-за приложенной внешней нагрузки.

В следствие выше сказанного, при рассмотрении деформации твердого тела, его можно рассматривать как совокупность частиц, между которыми происходят определенные взаимодействия. Таким образом, при использовании инструментов 3d моделирования, твердое тело можно представлять как набор недеформируемых, связанных между собой элементов.

### Способы имитации твердого тела в 3ds Max

В программе для 3d моделирования 3ds Max можно связать элементы при помощи инструментов моделирования поведения физических тел MassFX. В модели расчета физики, использующейся в MassFX, все тела считаются

твердотельными, не подвергающимися деформации [4].

Для создания твердого тела в 3d Max нужно применить модификатор MassFX Rigid Body к объекту, созданному ранее при помощи инструментов 3d моделирования. Этот модификатор позволяет настраивать плотность, коэффициенты трения покоя и скольжения, а также коэффициент упругости. Поскольку все тела в MassFX не деформируются, то коэффициент упругости в данной модели используется для расчета того, как будут отталкиваться тела друг от друга при ударе.

Для моделирования системы взаимосвязанных объектов следует добавить в модель связи между ними. Параметры связей между элементами твердого тела можно смоделировать при помощи объекта MassFX Constraint helper. Для моделирования силы упругости, возникающей при деформации, можно использовать параметр Spring, который позволяет смоделировать поведение предметов так, как будто они связаны пружиной [3]. Настраивая параметры жесткости и максимальной дальности, на которую может растягиваться пружина, можно симитировать параметры материала, из которого сделано сиденье.

Для имитации разрыва материала сиденья необходимо воспользоваться меню Advanced объекта MassFX constraint helper. Внешний вид данного меню показан на рисунке 2. Включенный параметр Breakable позволит разрывать связь между отдельными элементами объекта. Регулировка параметра Max Force позволит изменять устойчивость материала сиденья к разрыву.

Также следует обратить внимание на параметры Projection. Для большей точности следует выбрать тип проекции Linear and Angular. Параметры Distance и Angle выбираются относительно размеров элементов, составляющих твердое тело. При значениях, сильно превышающих их размеры, элементы не будут взаимодействовать, а при сильно заниженных значениях будут двигаться без причины.

Значения параметров MaxForce, в меню Advanced, а также Springiness и Damping, в меню Spring, подбираются экспериментальным путем, поскольку не выведены формулы, по которым можно установить данные параметры с достоверной точностью.

После того, как на смоделированный стул будет сброшен груз, будут разорваны связи между элементами в наиболее уязвимых местах.

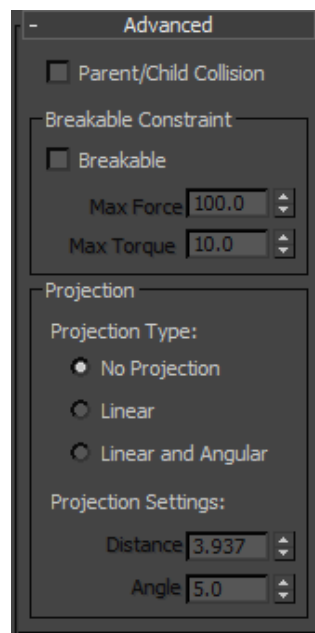


Рис.2. Меню Advanced объекта MassFX constraint helper

#### Заключение

В данной работе рассмотрены способы тестирования стула на долговечность. А также предложен способ имитации тестирования стула на ударопрочность при помощи инструментов программы для 3d моделирования 3ds Max.

Имитация нагрузок при помощи моделирования позволяет сократить время разработки опытного образца, проходящего испытания, экономит деньги и материалы.

#### Список использованных источников

1. Бобиков П.Д. Конструирование столярно-мебельных изделий. Издание четвертое, дополненное. – М.: Высшая школа, 1989. – 176 с.
2. ГОСТ 12029-93. Мебель. Стулья и табуреты. Определение прочности и долговечности. — Взамен ГОСТ 12029-77; Введ. 01.01.1995. — М.: Изд-во стандартов, 1982. — 53с.
3. MassFX Constraint Helper // Autodesk Knowledge Network // URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-A089EB2B-45A1-4A6B-8B06-221A75267881-htm.html> // Дата обращения 21.06.17
4. MassFX // Autodesk Knowledge Network // URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-3A3E8929-A7A4-4BA8-80F2-8B32AAA7BC7B-htm.html> // Дата обращения 21.06.17



## ОБЗОР РЫНКА МАГИСТРАЛЬНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ. РАЗРАБОТКА КОРПУСА ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНОГО СВЕТИЛЬНИКА

Ким Е.И.

Хмелевский Ю.П.

Томский Политехнический университет

lenakim1996@mail.ru

### Введение

В современном мире освещение играет очень важную роль. Независимо от того, будь то улица или жилое помещение, освещению должно быть уделено особое внимание, так как без него не обойтись практически нигде. Для создания необходимого типа освещения, следует исходить из большого разнообразия сфер профессиональной деятельности человека.

### Магистральный светильник

Светодиодные лампы начали стремительно развиваться благодаря своим высоким технологическим характеристикам и функциям, долговечности и экономичности. В настоящее время такие светильники используются для освещения магистральных дорог, садово-парковых территорий и различных площадок перед торговыми центрами. Использование их аргументируется тем, что магистральный светильник на светодиодах легко переносит перепады напряжения и суровые погодные условия. (Рисунок 1).



Рис. 1. Магистральный светильник

В данной статье речь пойдет об обзоре рынка магистральных светильников, а также будет представлен вариант разработки корпуса для магистрального светильника.

Магистральное освещение или по-другому, система линейного освещения в современном мире встречается довольно часто, и применяется во многих профессиональных сферах деятельности человека. Данная система освещения имеет несколько отличительных особенностей:

- Равномерное освещение пространства;
- Простота установки;
- Удобная эксплуатация.

Наружный тип светильников предназначен для создания безопасного хорошо освещенного пространства на улице в ночное время. В большинстве случаев осветительные приборы

светодиодного типа устанавливаются на специальных консолях, представляющие собой металлические конструкции. Осветительные приборы на таких консолях стойко переносят разрушающее воздействие уличной пыли, влаги атмосферных осадков и грязи, а также они оснащены антивандальной системой защиты (Рисунок 2).

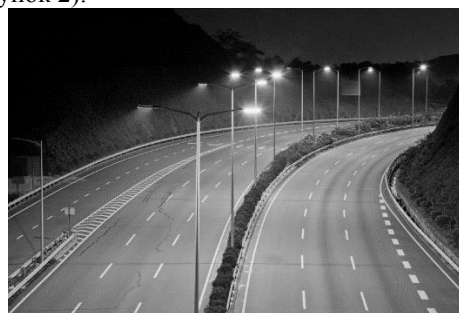


Рис. 2. Освещение магистрали в ночное время

Магистральные светильники можно разделить в зависимости от способа монтажа:

- Накладные;
- Встраиваемые;
- Подвесные.

Светильник может иметь самые разнообразные габариты и дизайн, независимо от расположения, где будет установлен светильник магистрального освещения.

Корпус магистрального светильника является неотъемлемой и основной его составляющей. Кожух светильника разрабатывается для создания оптимального эстетического восприятия и для демонстрации данного оборудования на различных дизайнерских форумах и конгрессах. Но, прежде всего, корпус необходим для защиты светильника от внешних атмосферных воздействий.

При обзоре рыночного состояния магистральных светильников были выявлены некоторые особенности:

1. Наименьшие затраты электроэнергии, для получения высокого уровня светового потока;
2. Довольно длительный срок службы и стабильная работа светильника;
3. Доступная цена, не смотря на множество положительных черт прибора;
4. Вес магистрального светильника достаточно невысок, так как светильник обладает меньшими габаритами;
5. Материал, используемый для изготовления модулей светильника устойчив к



природным явлениям и к механическим воздействиям, что позволяет сохранять эстетические характеристики на протяжении всего срока службы.

При обзоре аналогов было выявлено однообразие формы магистрального светильника, в частности его корпуса. Вследствие данного обзора, был разработан корпус для магистрального светильника.

При проектировании были поставлены следующие цели:

- Создание внешней оболочки (корпуса) для эстетического восприятия;
- Облагораживание улиц;
- Технологическая защита внутренних составляющих от внешних факторов атмосферного воздействия.

Первый этап проектирования – поиск образа. Исходя из рассмотренных образов были выполнены эскизы, исполненные в ручной графике. (Рисунок 3).

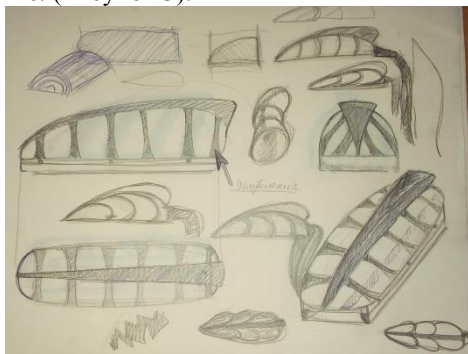


Рис. 3. Выполнение эскиза

Форма магистрального светильника выглядит обтекаемой с прорезами по всей длине корпуса, напоминающая образ рыбы. (Рисунок 4). В первоначальном варианте эскиза прорезы были расположены поперек формы. Но при дальнейшей разработке они были переделаны в продольные. Данное решение было основано на поддержке общей формы корпуса.

Материал для корпуса был выбран исходя из сравнительных преимуществ и недостатков нескольких материалов, таких как алюминий, пластик, нержавеющая сталь, и некоторые антивандальные покрытия. В итоге был выбран алюминий.



Рис. 4. Выбранный художественный образ

Основание светильника выполнено в алюминиевом корпусе, конструкция которого позволяет достичь высокого уровня распределения тепла по всей поверхности. Корпус светильника также выполнен в алюминиевом корпусе, тем самым, способствуя поддержанию необходимого для светодиодов терморежима практически при любых климатических условиях. (Рисунок 5).



Рис. 5. Корпус магистрального светильника

#### Заключение

Форма магистрального светильника разработана на основе анализа существующих аналогов, с учетом существующих форм, материалов, характеристик. Данная форма имеет высокие эстетические характеристики, выполненные на основе бионической формы рыбы. На основе этой формы, светильник может быть вписан как в историческую среду, так и в современную часть города.

#### Список использованных источников

1. Светодиодный светильник для магистрали [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://1posvetu.ru/istochniki-sveta/magistralnye-svetodiodnye-svetilniki.html>
2. Магистральные светильники на светодиодах: их преимущества [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://svetun.ru/svetilniki/magistralnye-svetilniki-na-svetodiodah-v-chem-ih-preimushhestva>
3. Магистральные системы освещения: виды и требования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://indeolight.com/tehnologii-i-normy/sistemy-osveshheniya/magistralnye-sistemy-osveshheniya.html>

## РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО МЕСТА КОНДИТЕРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭРГОНОМИЧЕСКИХ НОРМ

Л.О.Козлова

А.И. Фех

г. Томск, Томский политехнический университет

e-mail: lianavso.o@gmail.com

### Введение

Рабочее место – это часть рабочего пространства, с располагающимся в нём производственным оборудованием, с которым взаимодействует человек в рабочей среде [1].

Профессия кондитер не так проста, как может показаться на первый взгляд. Нередко она оказывает на человека отрицательное влияние, причем часто это связано с физическим состоянием. Сотруднику часто приходится работать в условиях повышенной температуры и много стоять на ногах. Поэтому организация рабочего места кондитера очень важна и является важным фактором рационального использования рабочего времени.

В качестве объекта проектирования было выбрано рабочее место кондитера. Целью данного проекта являлось, опираясь на теоретическую основу, создание рабочего места кондитера, которое было бы эстетически привлекательно, удовлетворяло всем эргономическим и антропометрическим характеристикам и повышало эффективность рабочего процесса. Для достижения цели при проектировании рабочего места были решены пройдены следующие этапы: обзор аналогов, составление анкеты и опрос профессионалов-кондитеров, поиск и проработка эскизных вариантов проектируемого объекта, изучение нормативов и ГОСТов, подбор материалов, визуализация объекта дизайна. Рассмотрим подробнее данные этапы.

Первый этап в процессе проектирования – обзор аналогов, которое включало в себя рассмотрение существующих аналогов и выявления их преимуществ и недостатков. В данном исследовании было выбрано некоторое количество рабочих мест кондитеров. Рабочие места кондитеров имеют большой сектор используемого оборудования, таких как секционные столы, плиты, шкафы, холодильные установки, глубокие раковины и т.д. Имеют минимум две рабочие поверхности, основные рабочие поверхности расположены в центре помещения. Материалы рабочих поверхностей – нержавеющая сталь и дерево. Аналоги имеют достаточно хорошее освещение, как местное, так и общее. К недостаткам относятся: недостаточная эстетичность форм, недостаточная мобильность элементов рабочего места [4-7].

Вторым этапом в данном исследовании был разработан опросник, для получения необходимой

информации у кондитеров и для дальнейшей её обработки, а также учете при проектировании. Опросник содержал вопросы об оптимальной высоте стола, материалах столешницы, количестве рабочих поверхностей, необходимости тех или иных оборудования и т.д. Данный опросник был пройден настоящими профессионалами и их ответы поддались анализу [2, 3].

Следующий этап – эскизная разработка вариантов рабочего места. В ходе работы был утвержден один вариант, обладающий достаточным количеством рабочих поверхностей, различных по высоте и необходимым количеством мест для хранения. Вариант также эстетически приятен и обладает интересной формой (Рис. 1).



Рис.1. Утвержденный эскизный вариант

Последующим этапом стала техническая часть разработки. При создании рабочего места обязательным требованием является соблюдение ГОСТов для выполнения работ стоя. После изучения ГОСТов и учета необходимых размеров при проектировании, следующим этапом стал выбор материалов, согласно проработанной концепции. Выбранные материалы: нержавеющая сталь, МДФ, стекло, а также деревянные и гранитные столешницы. Рабочее место кондитера требует наличия нескольких столов. Для хлеба и приготовления другой выпечки подойдут столешницы из бука. Приготовление десертов с разными ингредиентами и технологиями требует гранитного покрытия для профессионального оборудования. Выбор различных материалов для столешниц позволит соблюсти самые строгие требования гигиенических норм.

Завершающим этапом стала визуализация объекта. Для объемного представления объекта и лучшего понимания взаимодействий объектов рабочего места создают 3D модель. Модель рабочего места разработана в профессиональной программе **Autodesk Inventor** (Рис. 2).

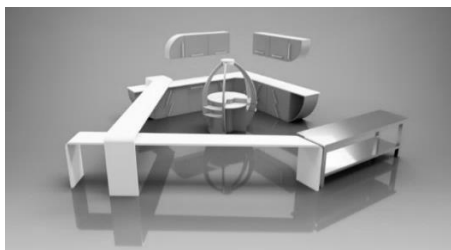


Рис. 2. Визуализация рабочего места

Чертеж рабочего места выведен с 3D модели рабочего места в программе **Autodesk Inventor**. Было создано 3 чертежа: сборочный чертёж рабочего места (Рис. 3), чертёж кухонного шкафа и взрыв схема с прилагающийся к ней спецификацией.

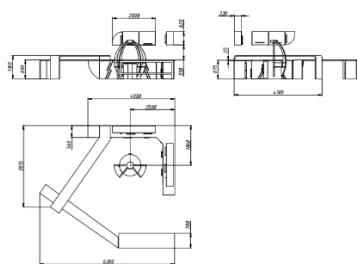


Рис. 3. Сборочный чертёж рабочего места

Не менее важным аспектом является выбор цветовой палитры. В качестве основных цветов были выбраны коричнево-малиновый, белый, серый и их оттенки. Данная цветовая гамма поддерживает модель рабочего места и гармонично вписывается в пространство. Таким образом, было создано графическое оформление альбома приложений и обложки текстового документа курсовой работы.

#### **Заключение**

В процессе работы над проектом были изучены методы эргономических исследований, ГОСТы, СНиПы и нормативы, регламентирующие правила проектирования рабочих мест. На основе изученного материала было создано рабочее место для кондитера, который устранил недостатки существующих рабочих мест. Спроектированное рабочее место имеет достаточное количество рабочих поверхностей и варьируемость их высоты, интересный и продуманный дизайн, большое количество мест хранения и дополнительную рабочую поверхность с направленным светом для точных работ. Таким образом, были решены все задачи и достигнута поставленная цель.

#### **Список использованных источников**

1. База ГОСТов [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://allgosts.ru/13/180/gost\\_12.2.033-78](http://allgosts.ru/13/180/gost_12.2.033-78) (Дата обращения: 29.05.2017)
2. Т.П. Тихомирова, Е.И.Чучалова Организация, нормирование и оплата труда на предприятии. Учебное пособие. – Екатеринбург:

Изд-во ГОУ ВПО «Рос.гос.проф.-пед.ун-т», 2008. – 185 с.

3. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды. Учебник. – М.: Логос, 2001. – 356с: ил

4. Фех А.И. Эргономика: Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2014 – 119 с.

5. Инженерная психология и эргономика. Хрестоматия Автор: Манухина С.Ю. Издательство: ЕАОИ, 2009. – 224 с 6 ил.

6. Эргономика и оборудование интерьера Автор: В.Ф. Рунге Издательство: Архитектура-С, 2006. – 160 с 6 ил.

7. Дизайн. Материалы. Технологии [электронный ресурс]: энциклопедический словарь / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. В.И. Куманина; под ред. М.С. Кухта – Томск: Изд-во ТПУ, 2011.

## СОЗДАНИЕ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА JAVA С ПОМОЩЬЮ ФРЕЙМВОРКА LIBGDX НА ПРИМЕРЕ НАПИСАНИЯ ПРОСТОЙ ИГРЫ

Копасов Д. В., Масалевич О. В.

Чердынцев Е. С.

Томский Политехнический Университет

Kopasov.dima@mail.ru

### Введение

В настоящее время популярны разного рода приложения (в том числе и игры), как для настольного компьютера, так и для мобильных устройств. Существует много различных сред разработки со встроенными инструментами, облегчающих разработку требуемых продуктов (Visual Studio, Unity, Android Studio, GameMaker). Также для разработки приложений существует свободно распространяемый фреймворк LibGDX, который без проблем встраивается в любую среду разработки, поддерживающую язык программирования Java (Eclipse, Android Studio, IntelliJ IDEA).

LibGDX является одновременно эффективным и лёгким в использовании, позволяет создать множество различных игр быстро и результативно. LibGDX доступный и имеет открытый исходный код. Он используется для создания 2D и 3D игр, при этом легко совмещается с другими библиотеками для поддержки дополнительных возможностей. Приложения, созданные с использованием LibGDX кроссплатформенны и поддерживаются различными системами, включая Windows, Mac OS X, Linux, Android, IOS и HTML5/WebGL [1].

### Возможности LibGDX

LibGDX это Java фреймворк для разработки игр, обеспечивающий единый API, работающий на всех поддерживаемых платформах. Он также предлагает следующие возможности [2]:

- Кроссплатформенная разработка для Android, IOS, Windows, Linux и HTML5;
- Визуализация посредством OpenGL ES 1.0, 1.1 и 2.0 на всех платформах;
- Высокоуровневое 2D и 3D;
- Воспроизведение музыки и звуковых эффектов из WAV, MP3 и OGG файлов;
- Доступ к прикосновениям сенсорного экрана, мыши и клавиатуры основанных на обработке событий и очереди;
- Классы линейной алгебры в 2D и 3D.

### Кроссплатформенность

Java, как известно, является кроссплатформенным языком программирования, то есть программы, написанные на Java, могут работать на разных платформах. Однако на разных платформах запуск приложения осуществляется по-разному, и поэтому в LibGDX используется разбиение всего проекта создаваемого приложения на подпроекты (рис. 1):

- основная часть, которая содержит в себе весь исполняемый код;
- дополнительные проекты, содержащие в себе классы соответствующей платформы, отвечающие за инициализацию основного проекта. Так для Desktop платформы — класс, содержащий метод main. Для Android проекта это класс, наследуемый от `AndroidApplication` и переопределяющий метод `onCreate` этого класса. Для HTML проекта это класс, наследуемый от `GwtApplication`. Для IOS платформы это класс, наследуемый от `IOSApplication`.

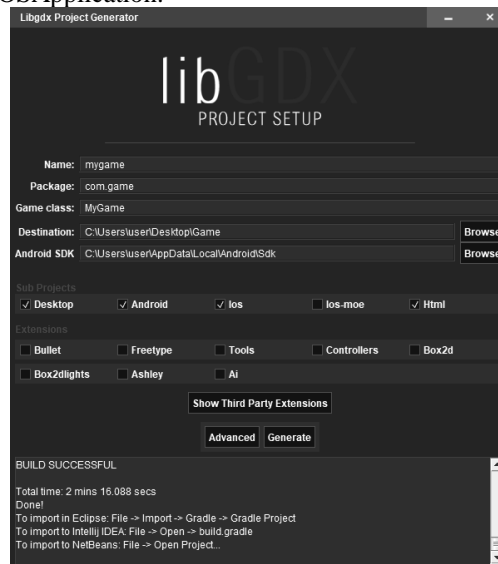


Рис. 1. Меню создания проекта с выбором разных целевых платформ.

### Сложности в разработке

Несмотря на то, что LibGDX является кроссплатформенным и должен одинаково обеспечивать работу приложения на разных платформах, существуют некоторые сложности, которые стоит учитывать при проектировании программного продукта. Самые заметные из них это различия в файловой системе и системе ввода разных платформ.

В случае обработки ввода для Desktop и HTML проектов можно использовать клавиатуру и мышь. При использовании мыши можно отслеживать положение курсора и реагировать на появление его в какой-либо области (не актуально для мобильных платформ), а также клики мыши, воспринимаемые, как прикосновение к экрану (по аналогии с сенсорными телефонами).

Для мобильной платформы (Android и IOS) почти весь ввод происходит через прикосновения к



экрану, а также вполне возможно обработать нажатие физических кнопок смартфонов.

Также стоит не забывать про сложности, связанные с различиями в файловых системах платформ. Самое заметное отличие это чтение и запись файлов на Desktop и Android платформах. Проблема заключается в том, что в Android, в отличие от Desktop, внутренние файлы приложения защищены от записи, доступно только чтение.

Поэтому нужно реализовывать проект с алгоритмами либо универсальными для использования на всех системах, либо отдельно используемыми на разных платформах.

#### Основные используемые инструменты

Для создания относительно простого, но в то же время функционального приложения достаточно использовать четыре основных инструмента фреймворка LibGDX: SpriteBatch, Texture, TextureRegion, OrthographicCamera.

1. SpriteBatch – упаковщик спрайтов, который позволяет рисовать различные графические элементы в заданных координатах в двумерной системе координат.
2. Texture – графическая единица, взятая из картинки в формате .png, .jpg и другие. Используется для рисования на SpriteBatch.
3. TextureRegion – определённый фрагмент текстуры, имеющий те же самые свойства, что и текстура. И так же рисуется на SpriteBatch.
4. OrthographicCamera – камера прямоугольной проекции, предназначенная для визуального отображения фрагмента области рисования.

#### Реализация

Для демонстрации основных возможностей LibGDX была создана небольшая игра под целевые платформы Desktop и Android (рис. 2). Как описывалось ранее, для каждой платформы создан класс, инициализирующий основной класс игры MyGame.

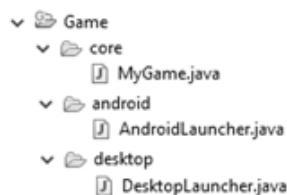


Рис. 2. Краткая структура проекта с классами лаунчерами под разные платформы.

MyGame в свою очередь реализует интерфейс ApplicationListener, обеспечивающий работу приложения по определённому жизненному циклу, регулирующему основные состояния приложения, такие как создание, приостановка, возобновление, визуализация и утилизация. Этот интерфейс реализует методы create, render, resize, pause и dispose. Каждый из этих методов [3, 4]:

- Метод create вызывается один раз при запуске приложения;

- Метод render вызывается циклом приложения каждый раз, когда должна быть выполнена визуализация;

- Метод resize вызывается при каждом изменении размера экрана в игре;

- Метод pause вызывается, когда приложение переходит в фоновый режим работы;

- Метод dispose вызывается при закрытии приложения.

Программно игра состоит из основного класса MyGame, обеспечивающего переключение и работу окон состояния игры. Каждое окно состояния игры имеет три метода, соответствующие распространённой модели построения проекта MVC. Это методы:

- Обновить – соответствует внутренней работе с данными игры и их обновлению с течением времени (Model);
- Отрисовка – соответствует визуальному представлению всех графических элементов приложения (View);
- Ввод – соответствует реакции на внешнее воздействие на игру (Control).

Игра (рис. 3) представляет собой небольшую пошаговую стратегию, которую я в дальнейшем планирую развивать, выполненную в 2D графике.

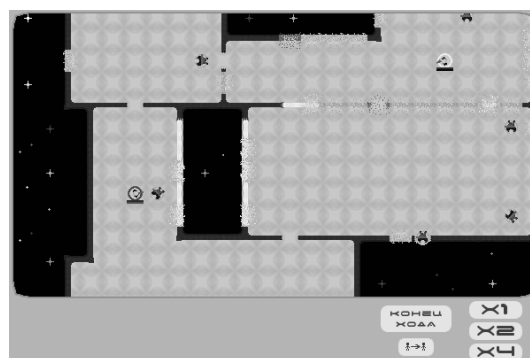


Рис. 3. Кадр из написанной игры, демонстрирующий сгенерированное поле и прошедшие на нём боевые действия.

#### Заключение

Рассмотренный фреймворк LibGDX прост в использовании и позволяет с лёгкостью создать приложения на распространённые компьютерные платформы, что является весьма полезным и востребованным в настоящее время.

#### Список использованных источников:

1. Beginning Java Game Development with LibGDX/ Lee Stemkoski. – 2015. – 325 с.
2. libGDX [Электронный ресурс]. – URL: <https://libgdx.badlogicgames.com/features.html>
3. libGDX: Жизненный цикл [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.libgdx.ru/2013/09/application-life-cycle.html>
4. Создание игр с использованием libGDX [Электронный ресурс]. URL – <https://www.youtube.com/watch?v=yUgitdAcTwo>

## DESIGN OF LED-BASED MEDICAL EQUIPMENT FOR BRIGHT LIGHT THERAPY

Kukhta M.<sup>1</sup>, Sidorenko E.<sup>1</sup>, Simutkin G.<sup>2</sup>, Glushkov G.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University, 634050, 30 Av. Lenin, Tomsk

<sup>2</sup>Mental Health Research Institute, 634014, 4 Str. Aleutskaya, Tomsk

<sup>3</sup>Research Institute of Semiconductor Devices, 634034, 99a Str. Krasnoarmeyskaya, Tomsk  
[eukuh@mail.tomsknet.ru](mailto:eukuh@mail.tomsknet.ru)

### INTRODUCTION

The high prevalence rate of depressive disorders is an onerous economic burden for the modern society. The efficacy lack of synthetic antidepressants at mental depression therapy determined the necessity to develop new efficient approaches to the mental depression therapy.

The use of the bright light as a therapeutic agent in case of depressive disorders is based on the data demonstrating that the natural cycle "light - darkness" is the main external synchronizer of the biological rhythms. The abnormality of these rhythms plays an important role in the seasonal affective disorder nature. The perfect example of the chronobiological disorders is the co-called seasonal affective disorders in other words the clinical cases when at a certain time of year a person has autumn – winter depressions. The studies show that the seasonal affective disorders are a quite generalized mental disorder that the population of mid-latitudes has. The rise in winter depression prevalence rate towards the north latitudes can be explained by an increasing sunshine deprivation during the short light days in wintertime.

### LED-TECHNOLOGIES IN BRIGHT LIGHT THERAPY

The bright light therapy can be conducted as a "light therapy room". In this room, the light panels able to produce the necessary light intensity (between 2500 – 10000 lux) are used as a light source. The modern technical achievements allow using the co-called light boxes where the light panels with the total light intensity of 10 000 lux are used. It provides an opportunity to reduce dramatically the bright light exposure time (up to 15 – 60 minutes compared to 2 – 4 hours a day at the light intensity of 2000-2500 lux). The recent study showed a good efficiency of more compact equipment during the affective disorder therapy. The operating principle of this equipment is based on LED-technology (5000 lux, the 464 nm wave length light – medium blue band – dominates in the radiated light spectrum. It is thought that the light waves of this spectrum completely inhibit the chromatophoretropic hormone secretion and influence in the optimal way the non-visual photoreceptors in special purpose retinal ganglion cells containing melanopsin that play an important role in light flux data communication from retina to the hypothalamus suprachiasmatic nucleus. Nevertheless, the leading experts in the light therapy of affective disorders think that they do not have enough data to advocate for certain such super compact devices and light devices

that integrate the medium blue light spectrum in emission, for general consumption. It is related to the fact that when the light device size is minimized, the minor head or eye rotation sideways or the distance from the device can dramatically change the luminosity that lands in the eye retina of the corresponding patient, and the biological effect of the medium blue part of the light spectrum is not obvious yet.

Thus, it is still a relevant objective to develop some safe and efficient equipment to conduct the bright light therapy and the operating principle of this equipment should be based on LED-technology. The use of cost-effective, physiologically friendly, chronobiology-oriented therapy and preventive measures in case of seasonal depressions can be beneficent in areas of severe weather conditions that place strong demands on the human coping.

### LED MATRIX PARAMETERS

The light panel design was based on LED-technology that is used when the light-emitting devices are developed. Compared to the standard incandescent-filament lamp that emits in wide spectrum, the led light initially belongs to a narrow spectrum band and depends on materials used for semiconductor p-n-junctions. The possibility to simulate the solar spectrum by the semiconductor selection provided the basis for the bright light therapy that allows solving an important issue of treatment and preventives measures of seasonal depressions by means of illuminating devices simulating the sunshine.

The main task of light panels is to provide the interior comfort that becomes possible due to the simulation of the natural diffuse sunlight (the most convenient for people). The light panel spectrum is maximum close to the solar one and that provides the required solar exposure level measured by the amount of energy units that impinge on the area unit in a unit time.

To solve the solar energy shortfall problem, the special purpose lamps with the emission close to the solar one by brightness and spectral content are offered. The color rendering index shows to what extent other colors are seen in the lamp light. It is measured percentagewise from 0% to 100%. The color-rendering index comfortable for people must be higher than 80%.

The use of LED-technology allows solving the problem of brightness and light spectral content.

LED-lamps with the required brightness level allow simulating the natural sun light and are suitable for the

bright light therapy. To create the illuminated area we suggest using the LED matrix.

The luminous density at the operating distance (0,6m) from the device without any secondary optical components is calculated with DIALux program and is shown in fig.1.

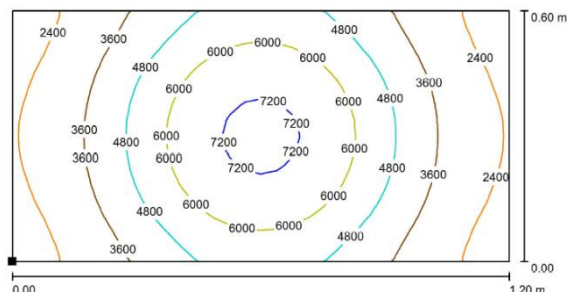


Fig. 1 Luminous density

The light flux of the mock-up specimen has a color temperature of 3057K, the luminous density at the distance of 0,6m with the secondary optical components of 13000 lux.

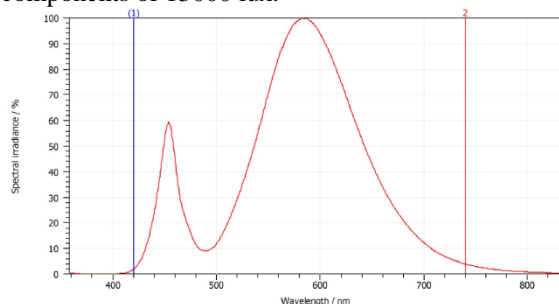


Fig. 2 Spectral-response characteristic of the mock-up specimen

The spectral-response characteristic displayed in fig.2 allows concluding based on studies that these characteristics of LED spectrum are optimum for the bright light therapy.

### DESIGN OF THE LED MATRIX –BASED LIGHT PANEL

The LED-based light panel case was designed with the following technical characteristics that allow providing the line supply of 220V, 50Hz, the power input of 35 Watt, the luminous density of 5000-10000 lux. The panel case is made of plastic.

The necessity of the light panel design is connected to the necessity to develop the visually comfortable environments that are provided with conditions mentioned in studies.

Fig. 3 shows the light panel case design for the bright light therapy in two options: table layout option and wall layout option. The characteristic of the light panel case design make it possible to supply the day light douche, simulate the sun light (10 000 lux at the distance of 0,6m), and provide the bright and uniform emission.



Fig. 3 Light panel case design

### FINDINGS

To solve the sunshine shortfall issue and to improve the human biological rhythm synchronization, the authors suggest the light panels the emission of which is very close by its spectrum content to the sunlight. The use of LED-technologies allows solving the problem of the necessary brightness level as well as the light spectrum content. The article studies the technical possibilities of the bright light therapy that reduce the total economic expenses related to the affective disorder therapy and autumn-winter depressions.

The significance of the study is in the light panel design that boosts the medical procedure efficiency in the medical treatment existing system and takes into account the up-to-date social circumstances on the make of the person-centered system of values in various therapy areas.

### REFERENCES:

1. A. Wirz-Justice, F. Benedetti, M. Terman, Chronotherapeutics for affective disorders. A clinician's manual for light and wake therapy, Karger, Basel (2013).
2. R.H. Howland, An Overview of Seasonal affective disorder and its treatment options, Phys Sportsmed, Vol. 37, 104–115 (2009).
3. J. Staedt, C. Pless-Steinkamp, F. Herfeld et al., Einfluss erhöhter Umgebungslichtintensität auf die Verweildauer von stationär behandelten depressiven Patienten, Nervenheilkunde, Bd.4, 223–226 (2009).
4. B. Mårtensson, A. Pettersson, L.Berglund, L. Ekselius (2015). "Bright white light therapy in depression: A critical review of the evidence". J Affect Disord. 182: 1–7.
5. M. Terman, Blue in the face, Sleep Med., Vol. 10, No3, 277–278 (2009).
6. M. S. Kukhta, A. P. Sokolov, P. Y. Krauinsh, A. D. Kozlova, C. Bouchard The influence of surface finishing methods on touch-sensitive reactions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering - 2017 - Vol. 177, Article number 012124. - p. 1-6
7. M.S. Kukhta, A.P. Sokolov, D.P. Krauinsh, C.Bouchard Stylization levels of industrial design objects // Journal of Physics: Conference Series. - 2017 - Vol. 803, Article number 012082. - p. 1-5



## ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗКОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Кондратьева А.А., Маслов К.А., Михайлова Е. В.

Болотова Ю.А.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики  
ann.kondratyeva@gmail.com

### Введение

Интерес к методам цифровой обработки изображений произрастает из двух основных областей ее применения, которыми являются: повышение качества изображений для улучшения его визуального восприятия человеком и обработка изображений для их анализа, эффективного хранения и передачи.

Задачи, связанные с улучшением качества изображений, возникают при анализе оптических, рентгеновских, тепловых, радиографических и других изображений в медицинской диагностике, промышленной дефектоскопии, научных исследованиях.

Целью данной работы является разработка искусственной нейронной сети, способной повышать резкость цифровых изображений, и оценка её способности решения поставленной задачи.

### Архитектура ИНС

В качестве архитектуры ИНС был выбран линейный перцептрон с одним скрытым слоем и функцией активации вида:  $\tanh(x)$ . В качестве алгоритма обучения использовался алгоритм обратного распространения ошибки.

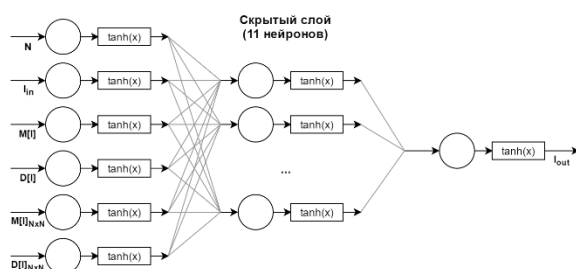


Рис. 1. Схема нейронной сети

### Формирование обучающей выборки

Обучающая выборка содержит изображения, заранее обработанные фильтром повышения резкости LoG. Его действие аналогично последовательному применению фильтров Лапласа и Гаусса. Использование только фильтра Лапласа дает эффект сильного урезания изображений.

Формулировка лапласиана-гауссиана выглядит следующим образом:

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi \cdot \sigma^4} \cdot \left(1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \cdot e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}},$$

где  $\sigma$  – среднееквадратичное отклонение распределения Гаусса.

На основании функции LoG строилась матрица-ядро, которая затем применялась к изображению операцией свертки.



Рис. 2. Исходные изображения (а), результат улучшения резкости (б)

На вход нейронной сети подается вектор в следующем формате:

{ размер окна, по которому вычислялись математическое ожидание и дисперсия; интенсивность пикселя; математическое ожидание интенсивности всего изображения; дисперсия интенсивности всего изображения; математическое ожидание интенсивности окрестности пикселя  $N \times N$ ; дисперсия интенсивности окрестности пикселя  $N \times N$  }. На



выходе нейронной сети получается новое значение интенсивности текущего пикселя изображения повышенной резкости.

### Результаты работы ИНС

При подаче на вход сети изображений (рис. 3а) на выходе были получены изображения с более высокими значениями резкости (рис. 3б).



Рис. 3. Исходное изображение (а), изображение, обработанное ИНС (б)

На рис. 3б отчетливо видно, что искусственная нейронная сеть способна решать задачу повышения резкости изображения.

Тестирование нейронной сети было произведено на выборке из десяти цифровых изображений. Результат был одинаковым: на выходе искусственной нейронной сети было более контрастное и чёткое изображение (в сравнении с исходным).

### Оценка качества изображений

Качество изображений, поданных на вход искусственной нейронной сети, а также полученных на её выходе, было оценено метриками. Результаты оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Метрики

		Яблоки	Цветы	Машина
<b>MSE</b>		198,2657	233,1102	160,5996
<b>PSNR</b>		25,1583	24,4552	26,0734
<b>SSIM</b>		0,6343	0,7162	0,8486
<b>MR</b>	Оригинал	0,000412	0,000054	0,000118
	Результат	0,000927	0,000070	0,000223
<b>MRmod</b>	Оригинал	1,9281	2,0616	1,8893
	Результат	1,8811	2,0063	1,8040

Среднеквадратичная погрешность (MSE – mean squared error) показывает среднеквадратичное отклонение оригинального и оцениваемого изображений. Метрика PSNR (Pick Signal to Noise Ratio) – это отношение сигнала к шуму, и чем выше ее значение, тем сильнее похожи оригинальное и обработанное изображения. SSIM (Structural SIMilarity) – мера структурного подобия. Чем выше значение меры сходства изображений, тем лучше выполнена обработка изображения. Оценка Мунтеану-Роса (MR) основана на том свойстве, что для человеческого восприятия большее значение имеет перепад яркости в соседних пикселях, чем значение яркости в каждом пикселе. Для MR визуальное качество изображения тем лучше, чем больше значение оценки. Модифицированная оценка Мунтеану-Роса предполагает аддитивную оценку визуального качества изображения вместо мультипликативной в оценке Мунтеану-Роса. Чем ниже оценка MRmod, тем выше качество обработанного изображения.

### Список использованных источников

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Вудс Р. – М.: Техносфера, 2005. С. 197–209.
2. Методы обработки изображений: лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 / сост.: С. В. Воронов, А. Г. Ташлинский, И. В. Горбачев. – Ульяновск : УлГТУ, 2016. – 50 с.
3. Цой Ю. Р. Нейроэволюционный алгоритм и программные средства для обработки изображений: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ю. Р. Цой ; Томский политехнический университет; науч. рук. В. Г. Спицын. — Томск, 2007. С. 139–144.
4. Сидоров Д. В. К вопросу оценки качества множества восстановленных изображений [Текст] / Д. В. Сидоров // Прикладная информатика. – 2008. – №4. – С. 92–95.

## ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ РАЗРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПРЕДМЕТА, ДОСТАВЛЯЮЩЕГО МУЛЬТИСЕНСОРНЫЙ ОПЫТ

О.А. Молокова

Научный руководитель: ст. преподаватель Радченко В.Ю.  
Национальный исследовательский Томский Политехнический университет  
г. Томск

E-Mail: [olyamilk.96@mail.ru](mailto:olyamilk.96@mail.ru)

### Введение

Чтобы произвести регуляцию эмоционального состояния в профессиональной деятельности по причине следственной утомляемости и стресса, люди устраивают себе персональные компенсаторные и рекреационные ритуалы, например, поход в спортивный зал, отдых на природе, медитация, чтение книг и тд.

Также, помимо данных процедурный мероприятий, существуют объекты, которые являются подручным средством для понижения утомляемости при состоянии повышенного психологического напряжения, такие как антистрессовые раскраски, мячики, подушки, спиннеры и т.д.

Появление именно таких антистрессовых игрушек неслучайно. Ученые открыли, что расслабить нервную систему и получить порцию удовольствия можно посредством тактильных ощущений [1]. Стоит обратить внимание на то, что любая такая игрушка используется с целенаправленным воздействием на определенный канал восприятия, за который отвечает приобретенный еще в детстве сенсорный (чувственный) опыт.

Также существует мультисенсорное восприятие, в который входят вестибулярный, осязательный, тактильный, слуховой, зрительный, обонятельный, вкусовой опыты, а также ощущение температуры, веса и многие другие.

Это говорит о том, что у человека, который приобрел набор сенсорных компетенций, может быть активным и рабочим любой из этих каналов, не только тактильный. Также он может достичь состояния расслабления намного эффективнее, используя переключения между каналами восприятия по сравнению с ограниченным моноканальным тактильным подходом к восприятию.

Так актуальность данной работы заключается в поиске и анализе существующих решений объектов предметного дизайна. Основная цель целого дизайнерского исследования представляет собой разработку универсального предмета, предлагающего мультисенсорный подход к восприятию. Цель данного исследования заключается в обосновании актуальности и востребованности создания такого объекта промышленного дизайна.

Для достижения вышеизложенных целей используются следующие задачи:

1. Ознакомление с термином «мультисенсорная стимуляция»;
  2. Исследование потребительских групп в данной проектной ситуации;
  3. Изучение существующих концептуальных решений для определенных групп пользования;
  4. На основе полученной информации – формулирование технического задания для разработки нового универсального предмета, доставляющий мультисенсорный опыт.
- В данной статье используются изображения для более полного повествования реализованного исследования.

### Мультисенсорная стимуляция как метод прививания, адаптации, развития и организации восприятия окружающего мира

Мультисенсорной стимуляцией называют набор методик и процедур для формирования чувственного опыта. Обычно такая сенсорная стимуляция практикуется для детей дошкольного возраста как способ адаптации к окружающему миру через чувства и ощущения. Телесный опыт детей менее богат, чем у взрослых, поэтому детям нужно расширять этот опыт.

Также мультисенсорный подход обучения развивает у детей все сенсорные каналы, помогает концентрировать и удерживать внимание, детально изучать и воспринимать информацию.

Но важно также понимать, что и взрослый человек нуждается в способах или объектах дизайна, которые позволили если не расширить, то сохранить привитые каналы восприятия и перестраивать их в стрессовых ситуациях. Более того, взрослому человеку после инсульта также требуются методики или объекты предотвращения боли, которая возникает, когда очаг поражения мозга расположен в области зрительного бугра, куда сходятся чувствительные нервы.

Таким образом, появляется несколько потребительских групп: ребенок дошкольного возраста; взрослый человек, подверженный стрессу от сложившихся условий работы и городской среды; человек пребывающий в состоянии восстановления организма после болезни; дети и взрослые, страдающих ДЦП, видами параличей и миастений.

В мире даже существует сенсорная диета, которая с помощью занятий или процедур, обеспечивает ввод телесных ощущений (стимулов), необходимых человеку. Правильно подобранные стимулирующие телесные ощущения фактически помогают перестраивать нервную

систему. Благодаря у человека улучшается внимание, снижается стресс.

Объектами, служащими снятию стресса и стимулированию тактильных чувств, выступают аналоги, имеющие массажное назначение, например, шарик или ковер от плоскостопия, фактурная тактильная компьютерная мышь, фактурный чехол для руля автомобиля и др.

#### **Существующие объекты предметного дизайна и предложенные концептуальные решения по реализации мультисенсорной стимуляции**

Еще во второй половине 20 века, Виктор Папанек на основе своих исследований сделал вывод о том, что рынок не предлагает качественные товары для детей. Обычно игрушки изготавливают из дешевой пластмассы, которые потом быстро ломаются или изнашиваются. По этой причине ребенок, играющий с ними, может усвоить определенную аксиологическую установку, что качество вещей и их ценность не имеют значения, потому что после быстрого изнашивания, появятся новые игрушки [2].

Альтернативным решением он предлагает такие игрушки, как фактурная книжка, поверхности которой состоят из разных нетоксичных тканей, геометрических форм, оптических узоров и сложных цветовых кодов, что способствуют развитию тактильных ощущений и зрительного восприятия.

Или игрушка (см. рис.1), которая подходит для развития мелкой моторики, состоящая всего лишь из двух пластмассовых половинок с дырочками, в которые вставлены шпонки. Детям она нравится тем, что она приятна на ощупь, упруга и предлагается разных сложных цветов.



Рис. 1. Игрушка-тянучка для развития мелкой моторики ребенка. Автор В. Папанек

Также Папанеком была предложена стена мультисенсорной стимуляции для нормальных детей и детей с заболеванием центральной нервной системы. Данная стена состоит из нескольких кубиков, толщиной 30 см, где каждый из которых что-то «умеет». Кубики пищат, показывают многогранные отражения, у них трехмерное внутреннее пространство, которое можно ощупывать, также зажигающиеся лампочки и многое другое [3].

Если переместиться на современный мир, то хорошим аналогом является детская погремушка,

которая звучит, ее можно взять в рот, имеет несколько цветов и фактур, форм. Еще одним успешным примером можно назвать современную сенсорную коробку, которая стала популярной в последнее время благодаря своей действенности. Чаще всего она самодельная и предполагает всевозможные вариации содержимого – материала, разного звука, цвета и т.д.

#### **Формулирование технического задания. Обоснование актуальности разработки универсального предмета по мультисенсорной стимуляции**

Альтернативным решением для потребительских групп является универсальный дизайн.

Так автор предлагает следующее основные составные параметры будущей дизайнерской формы:

- Универсальность (подходит для многих групп пользования – от детей до взрослых);
- Многофункциональность, выраженная в потенциале доставления мультисенсорного опыта (фактурность для тактильного опыта; цвет для зрительного опыта; нагрузка на мелкую моторику для проприоцептивного опыта, звучание для слухового опыта и др);
- Мобильность.

Поэтому актуальность данной работы связано с тем, что мультисенсорный опыт решает несколько задач: воспитание, обучение, адаптация ребенка к окружающему природному миру и миру вещей; регулирование эмоционального состояния в процессе профессиональной деятельности; поддержание или восстановление организма вовремя или после болезни. Помимо этого современный рынок не предлагает объектных решений, кроме тех, что доставляют моно-сенсорный опыт.

#### **Заключение**

Таким образом, было произведено исследование, на основании которого можно формулировать решение и начать проектировать авторскую дизайнерскую форму, которая будет разрабатываться по критериям экономичности, эргономичности, технологии пользования, экологичности и эстетики.

#### **Список литературы**

1. Антистрессовые игрушки. Научное обоснование их производства [Электронный ресурс] / Официальный сайт: <http://life-reactor.com/antistress-igrushki-chto-eto-takoe/> (дата посещения 24.09.2017)
2. Папанек В. Дизайн для реального мира, анализ рынка 1986. – 93-95 с.

## РАЗРАБОТКА КОРПУСА ИНДУСТРИАЛЬНОГО СВЕТИЛЬНИКА

Николайчук А.Т.  
Хмелевский Ю.П.  
Томский политехнический университет.  
[alexis.0694@mail.ru](mailto:alexis.0694@mail.ru)

### Введение

Уличное освещение неотъемлемая часть современного города оно позволяет улучшить видимость на улице, обезопасить дорожное движение в темное время суток и благоустроить общественные территории. Одной из наиболее крупных компаний на рынке светотехники является "Диора". При анализе продукции уличных светодиодных светильников было выявлено, что светодиодный светильник Диора 180 Street SE-III не обладает достаточными эстетическими свойствами для выделения среди своих конкурентов, а также в результате отсутствия визуального образа не может являться элементом благоустройства общественных территорий.

Для решения данной проблемы была поставлена цель, создать корпус для промышленного светильника. Разработанный корпус должен иметь проработанную визуальную концепцию, при разработке необходимо выбрать подходящие материалы.

### Анализ аналогов

При разработке корпуса необходимо учитывать то, что на сегодняшний день существует большое количество уличных светодиодных светильников которые обладают определенными эстетическими свойствами. На данном этапе разработке применяется метод аналогового проектирования.

Метод аналогового проектирования или проектирование по прототипам. Такой метод является одним из самых популярных методов в дизайне. Основой этого метода является анализ аналогов и использование новых качеств в облик или техническое решение объектов и систем уже знакомых потребителю. Данный метод позволяет создать новый объект в результате совершенствования и модернизация зарекомендовавшего себя приема организации среды, изменение отработанной технической или пространственной схемы к новым вкусам или обстоятельствам.

Первым был проанализирован светодиодный светильник L-street 24. Корпус светильника выполнен из цельнометаллического тянутого алюминиевого профиля с верхней декоративной крышкой из пластика. Х-образный профиль эффективно отводит тепло от осветительного прибора, обеспечивая оптимальный температурный режим работы. Дизайн светильника разрабатывался с учетом всех требований по защите от грязи и ветровой нагрузке. Светодиодный светильник L-street представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Светодиодный светильник L-street  
Светодиодный светильник Super street 250. Литой корпус светильника выполнен из сплава алюминия. Инновационная система теплоотвода, позволила создать светильник с высоким световым потоком при минимальных габаритах и массе. Корпус Super street полностью исключает образование наледи и сосулек, а специальное пыле и грязеотталкивающее покрытие защищает светильник от засоров. Светодиодный светильник Super street 250 представлен на рисунке 2.



Рис.2. Светодиодный светильник Super street 250

Светодиодный светильник L-street 40 Turbine.

Цельнометаллический алюминиевый профиль изготовлен методом экструзии. Корпус светильника имеет специальные участки для усиления естественной конвекции, что позволяет снизить массу и обеспечить оптимальный температурный режим работы светодиодов и электронных компонентов. Светильник разрабатывался с учетом всех требований по защите от грязи и ветровой нагрузки. Светодиодный светильник L-street 40 Turbine представлен на рисунке 3



Рис.3. Светодиодный светильник L-street 40 Turbine

В результате анализа были выработаны первые варианты формы корпуса светильника, выбрана группа материалов для дальнейшего более подробного анализа.



### Анализ материалов

При разработке корпуса для промышленного светильника необходимо учитывать материал из которого он будет изготовлен.

Алюминий сочетает в себе легкость и технологичность с высокой теплопроводностью. Малый вес такой конструкции обеспечивает удобство монтажа и эксплуатации. Алюминий устойчив к коррозии и условиям повышенной влажности. Корпус является надежной защитой светильника от вредных воздействий окружающей среды и обеспечивает его долговечность.

Светильники из пластика являются самыми распространенными и, соответственно, дешевыми. Они имеют одно достоинство: полная безопасность. Простота изготовления пластиковых коробов, что позволяет производить светильники различных форм: от обычных до сложных дизайнерских. Пластик устойчив к климатическим воздействиям.

Нержавеющая или антивандальная сталь. Главной особенностью нержавеющей стали является ее высокая прочность, устойчивость к устойчивости к внешним воздействиям. В результате анализа материала был выбран алюминий, так как он обладает самым большим количеством положительных свойств.

### Разработка корпуса

Следующим этапом разработки корпуса является эскизирование. С помощью этого этапа происходит поиск основного образа, концепции. Первые эскизы представлены на рисунке 4.

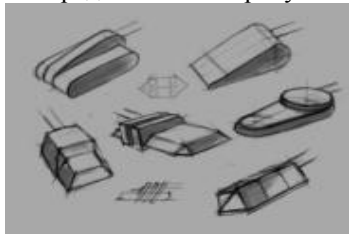


Рис. 4. Эскизы

На данном этапе применяется художественно образный метод. Этот метод основывается на результатах анализа среды использования, конструктивных особенностей, материалов и технологий изготовления изделий. Метод позволяет добиться большей эмоционализации объекта проектирования.

В результате дальнейшей работы был определен образ светильника, представленный на рисунке 5.

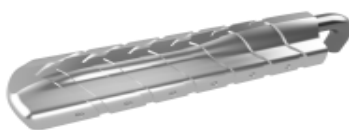


Рис. 5. Разработанный корпус светильника

Корпус светильника имеет обтекаемую бионическую форму. Также корпус имеет технологичную конструкцию которую достаточно легко создать с помощью фрезерования. Форма корпуса позволяет поддерживать оптимальную температуру работы, а также защищает от ветра и грязи светодиоды и электронных компонентов. Чертеж корпуса представлен на рисунке 6.

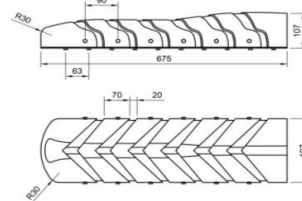


Рис. 6. Чертеж корпуса

Концепция созданного корпуса заключается в единении передовых современных технологий с естественными законами природы. В качестве художественных образов были выбраны: лист дерева, скелет рыбы. Одним из преимуществ бионической формы корпуса является то, что это позволяет проще вписать объект в окружающую среду. Взрыв схема корпуса представлена на рисунке 7.

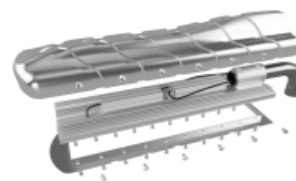


Рис. 7. Взрыв схема корпуса

### Заключение

В результате проведенной работы был проведен анализ аналогов, что позволило сформировать образ корпуса, а также выбрать материал. Так же был разработан корпус для промышленного светильника Диора 180 Street SE-III. Созданный корпус имеет проработанную визуальную концепцию.

### Список использованных источников

1. Михеева М.М. Современные методы в дизайне: по курсу «Основы теории и методологии проектирования в промышленном дизайне» М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012 г. - 104 с.
2. Виктор Папанек Дизайн для реального мира. – М.: Д. Аронов. 2008г.-416с.
3. Агнес Гийо, Жан-Аркади Мейе «Бионика. Когда наука имитирует природу» перевод - М. Широкова. – М.: Техносфера. 2013г.-296 с.

## АФФИННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Ю.Л. Орешкина, Р.Г. Долотова  
Томский политехнический университет  
[ylo1@tpu.ru](mailto:ylo1@tpu.ru), [dolot63@mail.ru](mailto:dolot63@mail.ru)

### Введение

Преобразование пространства, которое отображает каждую плоскость на плоскость, называется аффинным преобразованием. Прямая есть линия пересечения двух плоскостей. Поэтому согласно определению аффинное преобразование пространства отображает каждую прямую на прямую. Аффинное преобразование пространства сохраняет параллельность плоскостей, параллельность прямых, параллельность прямой и плоскости, отображает скрещивающиеся прямые на скрещивающиеся прямые. Каждое из этих утверждений тривиально доказывается способом приведения к противоречию. В 1880 году французский геометр Г. Дарбу в письме к Ф. Клейну доказал инвариантность отношения трех точек прямой при аффинном преобразовании плоскости, опираясь лишь на тот факт, что образом всякой прямой является прямая [1].

### Выражение смешанного произведения векторов в аффинных координатах

Некомпланарные векторы  $\bar{e}_1, \bar{e}_2, \bar{e}_3$ , образуют векторный (аффинный) базис пространства [2]. Пусть векторы  $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$  имеют разложения по векторам этого базиса:  $\bar{a} = x_1\bar{e}_1 + y_1\bar{e}_2 + z_1\bar{e}_3$ ,  $\bar{b} = x_2\bar{e}_1 + y_2\bar{e}_2 + z_2\bar{e}_3$ ,  $\bar{c} = x_3\bar{e}_1 + y_3\bar{e}_2 + z_3\bar{e}_3$ . Используя алгебраические свойства смешанного произведения, выразим смешанное произведение  $\bar{a}\bar{b}\bar{c}$  через аффинные координаты этих векторов (1):

$$\bar{a}\bar{b}\bar{c} = (x_1\bar{e}_1 + y_1\bar{e}_2 + z_1\bar{e}_3, \bar{b})(x_2\bar{e}_1 + y_2\bar{e}_2 + z_2\bar{e}_3, \bar{c})(x_3\bar{e}_1 + y_3\bar{e}_2 + z_3\bar{e}_3) \quad (1)$$

В раскрытом виде выражение смешанного произведения  $\bar{a}\bar{b}\bar{c}$  содержит 27 слагаемых, из которых 21 равно нулю по причине компланарности векторов. Запишем остальные шесть слагаемых:

$$\begin{aligned} \bar{a}\bar{b}\bar{c} = & x_1y_2z_3(\bar{e}_1\bar{e}_2\bar{e}_3) + x_2y_3z_1(\bar{e}_3\bar{e}_1\bar{e}_2) \\ & + x_3y_1z_2(\bar{e}_2\bar{e}_3\bar{e}_1) \\ & + x_1y_3z_2(\bar{e}_1\bar{e}_3\bar{e}_2) \\ & + x_2y_1z_3(\bar{e}_2\bar{e}_1\bar{e}_3) \\ & + x_3y_2z_1(\bar{e}_3\bar{e}_2\bar{e}_1) \\ = & (x_1y_2z_3 + x_2y_3z_1 + x_3y_1z_2 \\ & - x_1y_3z_2 - x_2y_1z_3 \\ & - x_3y_2z_1)(\bar{e}_1\bar{e}_2\bar{e}_3) \end{aligned}$$

Выражение в скобках есть определитель третьего порядка. Итак, имеем окончательно формулу (2):

$$\bar{a}\bar{b}\bar{c} = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix} (\bar{e}_1\bar{e}_2\bar{e}_3) \quad (2)$$

### Определение и свойства родства

Рассмотрим два тетраэдра  $ABCD$  и  $ABCD_1$  с общей гранью  $ABC$ . Руководствуясь теоремой о задании аффинного преобразования, зададим аффинное преобразование  $f$  пространства парами точек  $A \rightarrow A, B \rightarrow B, C \rightarrow C, D \rightarrow D_1$ . Поскольку при этом преобразовании неподвижны три неколлинеарные точки  $A, B, C$ , то будет неподвижна и каждая точка плоскости  $ABC$  [3].

Это — не единственный случай, когда аффинное преобразование пространства имеет плоскость неподвижных точек. Аффинное преобразование пространства, имеющее плоскость неподвижных точек, называется родственным преобразованием, или родством, а плоскость его неподвижных точек называется плоскостью родства. Родство можно задать его плоскостью и парой соответственных точек, не принадлежащих ей. Родство является важным частным видом аффинного преобразования пространства и имеет свои частные виды. Например, зеркальная симметрия — частный вид родства. Рассмотрим свойства родственных преобразований. Соответственные при родстве элементы (точки, прямые, плоскости и др.) называются родственными элементами.

1. Родственные прямые (плоскости) пересекаются на плоскости  $\alpha$  родства или ей параллельны.

2. Прямые, каждая из которых соединяет две родственные точки, параллельны.

3. Если направление родства непараллельно плоскости этого родства, то каждый отрезок, соединяющий две родственные точки, делится плоскостью родства в одном и том же отношении.

4. Всякая плоскость, параллельная направлению родства, неподвижна при этом родстве. В ней индуцируется родство плоскости, осью которого является прямая ее пересечения с плоскостью данного родства пространства.

### Примеры решения задач методом аффинных преобразований

#### Задача 1.

Докажите, что диагональ  $AC_1$  параллелепипеда  $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$  проходит через точки пересечения медиан треугольников  $A_1 BD$  и  $CB_1 D_1$  и делится этими точками на три равных отрезка. В этой задаче с помощью аффинных преобразований докажем равенство трех отрезков.

1) Проверим аффинные свойства фигуры и условия задачи. Аффинным образом любого параллелепипеда может быть куб. Деление отрезка в заданном отношении — это аффинное свойство.

2) Рассмотрим одноименный куб  $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$ , в котором  $AC_1$  диагональ проходит через точки пересечения медиан треугольников  $A_1 B D$  и  $C B_1 D_1$ , (рис.1).

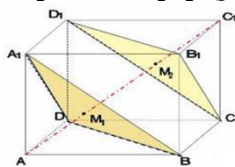


Рис. 1. Решение задачи с использованием аффинного преобразования

3) Докажем, что диагональ делится этими точками на три равных отрезка [4].

1. Рассмотрим пирамиду  $C_1 C D_1 B_1$ . В ней  $C_1 B_1 = C_1 C = C_1 D_1$  – ребра куба, а  $B_1 D_1 = D_1 C = C B_1$  как диагонали равных граней,  $M_2$  – точка пересечения медиан треугольника  $C B_1 D_1$ , она же точка пересечения биссектрис, следовательно, является центром вписанной окружности, т.е. центром правильного треугольника.  $C_1 M_2$  – высота правильной пирамиды  $C_1 C D_1 B_1$ . Вычислим длину  $C_1 M_2$  предварительно взяв ребро куба за  $a$ . Тогда  $B_1 D_1 = D_1 C = C B_1 = a\sqrt{2}$ , а  $B_1 M_2 = \frac{a\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$  – радиус описанной окружности. Найдем  $C_1 M_2$  из треугольника  $C_1 B_1 M_2$ .

$$\text{Тогда } C_1 M_2 = \sqrt{a^2 - B_1 M_2^2} = \sqrt{a^2 - \frac{2}{3}a^2} = \sqrt{\frac{1}{3}a^2} = \frac{a\sqrt{3}}{3}$$

2. Аналогично найдем  $A_1 M_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}$  в пирамиде  $AB D A_1$ .

3. Из треугольника  $A C C_1$  находим диагональ куба  $AC_1 = \sqrt{AC^2 + CC_1^2} = \sqrt{(a\sqrt{2})^2 + a^2} = \sqrt{3a^2} = a\sqrt{3}$

$$4. \text{ Вычислим } M_1 M_2 = AC_1 - (AM_1 + C_1 M_2) = a\sqrt{3} - 2 \cdot \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{a\sqrt{3}}{3}$$

5. Получили  $AM_1 = M_1 M_2 = C_1 M_2$ . Значит, точки  $M_1$  и  $M_2$  делят диагональ  $AC_1$  куба на три равных отрезка.

4) Существует аффинное отображение, переводящее куб в произвольный параллелепипед. Значит, эта задача будет верна и для произвольного параллелепипеда.

5) Обобщения. Какие свойства, доказанные на кубе, сохраняются для произвольного параллелепипеда, а какие нет.

Например: параллельность плоскостей и отношение сохраняется, перпендикулярность диагонали плоскостям нет, правильные треугольники не сохраняются, так же как и центр правильного треугольника, он перейдет в точку пересечения медиан.

**Задача 2.** Даны три луча  $l_1, l_2, l_3$  в плоскости и три точки  $A, B, C$ . Построить треугольник с вершинами на этих лучах, стороны которого

проходят через точки  $A, B, C$  соответственно (помощью одной линейки), рис. 2.

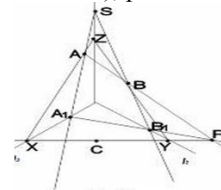


Рис. 2. Построение треугольника с вершинами на лучах

Будем рассматривать эту картинку как аффинный образ (при некотором аффинном отображении) пирамиды  $XOYZ$  на плоскость. Вершины пирамиды лежат на осях координат, а точки  $A, B, C$  – точки в координатных плоскостях. Тогда задача сводится к тому, чтобы построить линии пересечения плоскости  $(ABC)$  с координатными плоскостями. Существует, конечно, способ построения с помощью циркуля и линейки, но нам он не нужен. Итак, без циркуля.

1. Возьмем произвольную точку  $S$  на луче  $l_1$ .
2. Проведем прямые  $SA$  и  $SB$ .
3.  $SA \cap l_3 = \{A_1\}$ ,  $SB \cap l_2 = \{B_1\}$
4.  $AB \cap A_1 B_1 = \{P\}$ , такая, что  $P$  и  $C$  лежат в одной плоскости.
5.  $PC \cap l_3 = \{X\}$ ,  $PC \cap l_2 = \{Y\}$ ,  $XA \cap l_1 = \{Z\}$
6.  $ZY, B \in ZY$
7.  $XYZ$  – искомый треугольник.

#### Выводы

Таким образом, если каркас задан аналитически – системой уравнений, то можно перейти к графическому заданию, вычертив на чертеже ряд линий каркаса, как графики определенных функций. Однопараметрические семейства кривых второго порядка можно использовать для построения каркасной поверхности, определителем которой служит некоторый дискретный каркас.

#### Литература:

1. Топоногов В.А. Дифференциальная геометрия кривых и поверхностей. В.А. Топоногов. – Издательство «Физматкига». – М. 2012 г.
2. Савелов А.А. Плоские кривые / Под ред. А.П. Нордена. – М.: ФИЗМАТГИЗ, 1960.
3. Математическая энциклопедия (в 5-и томах). – М.: Советская энциклопедия, 1982.
4. Филиппов В.А. Основы геометрии поверхностей оболочек пространственных конструкций. В.А. Филиппов. – Издательство «Физматкига». – М. 2009 г.

## ВЫЯВЛЕНИЕ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ С ФУНКЦИЯМИ ПОДСВЕТКИ

Семенцова А.А.

Научный руководитель: Хмелевский Ю.П.

Томский политехнический университет

sementsova.andsi.yandex@mail.ru

### Введение

На сегодняшний день существует большое количество видов различной модульной мебели. Мебельный гарнитур для гостиной времен СССР – это набор шкафов разного назначения, поставленных вдоль стены вплотную друг к другу. Элементы имеют одинаковую высоту и глубину, в некоторых случаях разнится только ширина. Современный же комплект модульной мебели может состоять из элементов разной высоты и глубины, а количество компонентов может варьироваться и насчитывать несколько десятков, даже превышать сотню. Модульный комплект выполняется в едином стиле, поэтому модули можно компоновать между собой в зависимости от функционального назначения. Изделия строго подогнаны друг к другу, а это значит, что все элементы будут сочетаться и выглядеть как единое целое [1].

Модульной мебели в наше время существует большое количество, но количество мебели с функцией подсветки выпускается значительно меньше. Данная функция улучшает как эксплуатационные, так и эстетические характеристики представленного изделия.

### Выявление методов дизайн-проектирования

Проблема данной исследовательской работы состоит в том, чтобы выявить оптимальные методы для создания модульной системы хранения. Для решения данной задачи были предложены следующие методы:

Для решения данной проблемы была поставлена цель: на основе создания модульной системы хранения выявить методы дизайн-проектирования объектов данного типа с функцией подсветки. Разработанная мебель, помимо высоких эксплуатационных характеристик должна быть эстетична, безопасна, и эргономична. Для решения данной проблемы были предложены следующие задачи:

1. Изучить аналоги.
2. Выявить эргономичную форму.
3. Выбрать оптимальный материал.

Для того чтобы решить первую задачу, использовалась методика предпроектного анализа или аналоговый метод. Суть методики предпроектного анализа в дизайне состоит в делении процесса исследования предлагаемой дизайнеру ситуации на ряд этапов, самостоятельных по целям и результатам работы [3].

Первый этап – это исследование, ознакомление с условием размещения созданного объекта, перечнем свойств, которыми он должен обладать. Суть этого этапа заключается в изучении аналогов, обзоре литературных данных и реальных прототипов, определение их положительных и отрицательных свойств, формулировка задач для дальнейшей работы. Изучив аналоги, был сделан вывод: модульные системы хранения, имеют подобную друг другу систему крепления, которая не всегда эргономична и безопасна. А так же, большинство модульных систем хранения, имеют не достаточно вариантов создания, новых форм и образов.

Следующий этап предпроектного анализа, это сравнение функций, рассматривающие отдельные проблемы, сведение их в разные варианты общего решения, и выбор среди этих вариантов наиболее эффективного. В данном случае, это еще не проект, а дизайн-концепция, идея будущего проекта, но уже заключающая в себе его реально сформированные формы: инженерно-технические, пространственные, процессуальные. Модульные системы хранения носят различную функциональную нагрузку, поэтому, данный тип мебели является наиболее востребован на рынке мебельной продукции [2].

Чтобы выявить эргономичную форму, были учтены антропометрические данные человека. Форма модульной системы хранения имеет оптимальный размер вставляемых полок, так как габариты представленной системы хранения позволяют размещать предметы разного типа. (Рисунок 1).

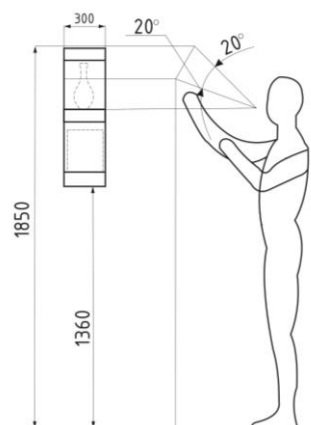


Рис. 1. Эргоанализ

Положительной чертой анализов является то, что формируется база знаний, основываясь на



которую можно создать вещь, соответствующую функциональным и эстетическим потребностям человека.

На основе эргоанализа, были созданы эскизы различных вариантов модульной системы хранения с подсветкой и выбран наиболее удачный с точки зрения эстетических характеристик представленный на рисунке 2.

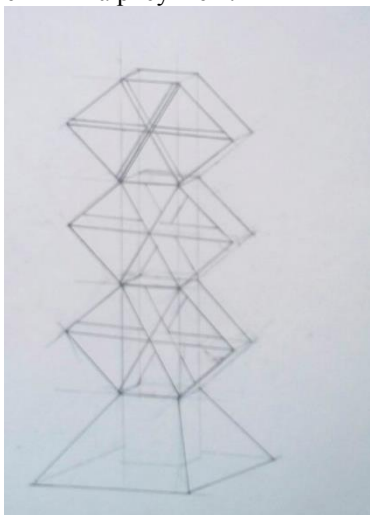


Рис. 2. Эскиз модульной системы

Главной целью создаваемой мебели было достижения оптимального баланса между эстетичностью и функциональностью. При дизайн-проектировании системы хранения недостаточно только «интуитивного озарения», важно также рассматривать проект с рациональной точки зрения, выделить главную мысль, основные взаимосвязи и закономерности.

Заключительным этапом дизайн-проекта модульных систем хранения стал метод подбора материалов изготовления. Основным материалом изготовления проектируемого изделия было выбрано закалённое стекло толщиной 10 мм так как, так как данный материал придает визуальную легкость разработки, не уменьшая ее прочностных характеристик. В конструкции модульных систем хранения используются металлические соединительные элементы имеющие профильное сечение в виде шестигранника которые надежно скрепляют все составные части изделия. Длина металлического элемента составляет 300 мм, диаметр 70 мм, сквозные отверстия 10 мм в глубину. [4] Боксы, которые вставляются в металлический элемент, имеют размер: длина 450 мм, ширина 300 мм, высота 10 мм. Конструкция металлического элемента предусматривает полость для размещения светодиодной ленты. Данное решение дает возможность создания эффекта свечения полок, методом торцевой подсветки. [5]

Представленная конструкция системы хранения характеризуется оригинальностью

дизайна и новизной крепления составляющих элементов.

Цвет подсветки вставляемого бокса возможно изменить с помощью замены светодиодной ленты. Подставленную систему хранения благодаря ее модульности можно компоновать в различные формы в зависимости от назначения и места крепления на стену.

Для создания интерьерных решений, предлагается комбинирование светодиодной лентой с различным цветовым свечением представленного на рисунке 3. [6]



Рис. 3. Модульная система хранения

#### Заключение

Данное исследование выявило эффективные методы проектирования такие как: аналоговый метод, метод эргономического анализа и методика подбора материалов изготовления, и подтвердило эффективность на предложенном примере.

#### Список использованных источников

1. Модульные системы [электронный ресурс] <http://www.4living.ru/items/article/chto-takoe-modulnaya-mebel/> доступ: свободный. (Дата обращения: 03.07.2017)
2. Дизайн [электронный ресурс]- [http://studio095.com/o\\_dizayne](http://studio095.com/o_dizayne) доступ: свободный. (Дата обращения: 04.07.2017)
3. Методика [электронный ресурс]- [http://studbooks.net/776721/marketing/analiz\\_predproektnoy\\_situatsii.html](http://studbooks.net/776721/marketing/analiz_predproektnoy_situatsii.html) доступ: свободный. (Дата обращения: 04.07.2017)
4. Варианты интерьерного решения [электронный ресурс]- <https://mebeljournal.ru/polki-stellazhi-unikalnye-modulnye-resheniya-v-interere-foto> доступ: свободный. (Дата обращения: 04.07.2017)
5. Светодиодные ленты [электронный ресурс]- <http://ledjournal.info/vopros-otvet/kak-vybrat-svetodiodnuyu-lentu.html> доступ: свободный. (Дата обращения: 04.07.2017)
6. Выбор материала [электронный ресурс]- <https://studfiles.net/preview/5569233/page:24/> доступ: свободный. (Дата обращения: 04.07.2017)

## ДИЗАЙН И ЭРГОНОМИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОМПАНИЙ

Тоноян С.С., Шкляр А.В.  
Научный руководитель: Шкляр А.В.  
Томский политехнический университет  
e-mail: s.t.16.08@mail.ru

### Введение

Поиск и изучение существующих решений автоматизированных рабочих мест для промышленных предприятий показывает, что, не смотря на востребованность рабочих мест данного типа, вопрос эргономичного решения и внешнего дизайна является актуальным.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) - совокупность информационно-программно-технических ресурсов, обеспечивающих конечному пользователю обработку данных и автоматизацию управленческих функций в конкретной предметной области [1].

Автоматизированные рабочие места операторов, которые предназначены для повышения эффективности производства и прибыли, представляют собой рабочее место, внешний вид и эргономичные требования которого зависят от условий производства и антропометрических показателей пользователя, а также включает в себя ПК.

Рабочие места данного типа обеспечивают:

- простоту и удобство пользования;
- простоту адаптации к конкретным функциям пользователя;
- компактность размещения и невысокие требования к условиям эксплуатации;
- простая организация технического обслуживания.

### Задача

Создание удобных рабочих мест является актуальным не только в России, но и за рубежом. Необходимо разработать автоматизированные рабочие места для промышленных предприятий, которые будут иметь привлекательный внешний вид, а также являться эргономичным и экономичным решением.

Существуют рабочие места, которые имеют ряд таких недостатков как, отсутствие эргономичности, современного дизайна, экономичности и компактности (рис. 1).



Рис. 1. Аналог автоматизированного рабочего места для промышленных предприятий

Для утяжеления веса в основании у аналогов используется песок и вода, что делает в свою очередь рабочее место устойчивым. Данный метод повышения устойчивости на сегодняшний день не является лучшим вариантом решения проблемы. За счет песка и воды рабочее место становится малоподвижным и имеет большие габаритные размеры.

Рабочее место (располагается) будет стоять у конвейерной ленты, и оператор будет наблюдать (наблюдает) за процессом производства стоя или сидя, соответственно необходимо учитывать возможные трансформации рабочего места под определенные случаи, для обеспечения эргономичного рабочего пространства.

В состав рабочего места должны входить:

- системный блок;
- монитор;
- клавиатура и мышь;
- USB разъем.

Стоимость за единицу рабочего места не должна превышать 65 000 - 70 000 рублей в массовом производстве.

### Ход выполнения работы

После исследования аналогов рабочего места оператора для промышленных предприятий, выявлены основные недостатки:

- большие габаритные размеры;
- несоответствие требованиям эргономики во время работы стоя и сидя;
- наличие труднодоступных зон рабочей поверхности;
- несоответствие корпоративному стилю;
- трудности во время передвижения рабочего места.

Изучение аналогов и эргономических требований к рабочему месту приводит к выводу, что человеку в стоячей позиции удобнее смотреть вниз под определенным углом, нежели вверх или на уровне глаз. Проведенный анализ показывает, что удобное рабочее место в рамках поставленной задачи можно получить только при трансформации некоторых элементов самого рабочего места.

На этапе эскизирования разработано несколько вариантов рабочего места, отличающихся способом трансформации и дизайном (рис. 2,3) [2], проведен эргономический анализ и выявлены следующие недостатки:

- отсутствие регулировки расстояния клавиатуры от пользователя;

- отсутствие возможности регулировки угла наклона монитора в варианте №1 под индивидуальные антропометрические показатели (рис. 4,5).

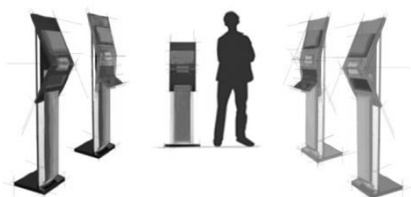


Рис. 2. Автоматизированное рабочее место №1

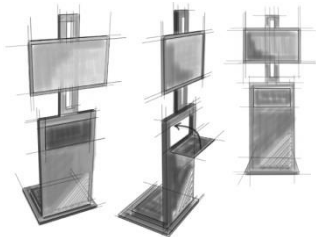


Рис. 3. Автоматизированное рабочее место №2

Рабочее место №1 трансформируется за счёт вращения двух модулей между собой. Подставка для клавиатуры откидывается и закрывается. На основание ставится металлическая пластина, что и обеспечивает устойчивость.

Рабочее место №2 трансформируется за счёт фиксации позиций монитора на вертикальной оси. Предусмотрены оптимальные положения монитора для сидячего и стоячего положения оператора. Подставка для клавиатуры откидывается и закрывается. Основание аналогично варианту №1.

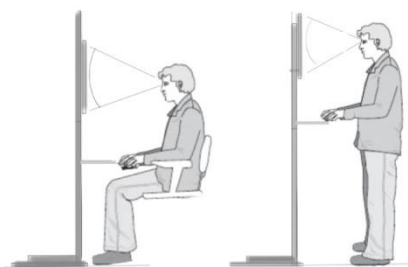


Рис. 4. Эргономический анализ варианта №1

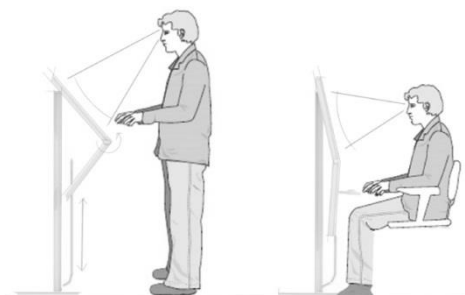


Рис. 5. Эргономический анализ варианта №2

После этапов эскизирования и эргономического анализа выполняется моделирование форм представленных вариантов в трехмерном пространстве для оценки внешнего дизайна,

выявления недостатков формы и последующего выбора итоговой концепции автоматизированного рабочего места.

Для объемного моделирования была выбрана программа трехмерного моделирования Autodesk 3Ds Max 2014 [3].

На этапе моделирования внесены изменения в размерах общей концепции рабочего места, учитывая размеры используемого монитора, моноблока и клавиатуры. Были предложены цветовые решения под каждый вариант рабочего места (рис.6).



Рис. 6. 3D модели рабочих мест

В данный момент проект находится на стадии детализации и подготовки конструкторской документации.

#### Заключение

В процессе работы выполнен анализ эргономических показателей и внешнего дизайна существующих рабочих мест. На основе полученной информации выполненного анализа разработаны и предложены варианты автоматизированных рабочих мест для оператора промышленных предприятий, которые могут решать поставленные задачи и соответствуют эргономичным требованиям, а также имеют привлекательный внешний дизайн.

#### Список использованных источников

1. Автоматизированное рабочее место [Электронный ресурс]. - режим доступа: <http://nemtsov.ners.ru/articles/zabluzhdenie-o-tom-cto-arm-eto-pk.html> (Дата обращения 03.06.2017).
2. Проектирование и анализ рабочих мест [Электронный ресурс]. - режим доступа: [http://www.e-reading.club/chapter.php/1025785/96/Armstrong\\_-\\_Praktika\\_upravleniya\\_chelovecheskimi\\_resursami.html](http://www.e-reading.club/chapter.php/1025785/96/Armstrong_-_Praktika_upravleniya_chelovecheskimi_resursami.html) (Дата обращения 05.05.2017).
3. Помощь Autodesk.com [электронный ресурс]. - режим доступа: <http://www.autodesk.ru> (Дата обращения 10.05.2017).

## МЕТОДЫ ДИЗАЙН-ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ФИТОТРОНА

Чуфелина Т.Е.

Научный руководитель: Серяков В.А.

НИ Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30  
tec1@tpu.ru

### Введение

В большинстве случаев определение размеров какого-либо предмета в промышленном дизайне зависит от такой науки как эргономика человека, но, если предмет не связан с эргономикой или частично с ней связан, возникает проблема в точности и правильности определения размеров. По статистике, на данный момент, в городах России идёт большой вопрос в сфере обеспечения комфортной среды проживания для людей, но это не только проблема повышения качества и создание удобного окружения для людей с ограниченными возможностями, но и для всего общества.

Исследовательская работа в области дизайна представлена теоретическими исследованиями, а также практической разработкой дизайн-объекта, включающей экспериментальные исследования, расчёты, чертежи с технико-экономическим обоснованием целесообразности и расчётно-конструкторскими данными [1]. Методология дизайн-исследования [1] может применяться на всех стадиях проекта с целью систематизации и выявления закономерностей в процессе проектирования.

Рассмотрим методы дизайн-исследования на примере определения размеров фитотрона, которые не зависят от эргономики человека.

### Практическое применение фитотронов

В настоящее время резко возросли психоэмоциональная и экологическая нагрузка на организм человека, поэтому предпочтение сейчас отдаётся комфортности среды проживания, здоровому образу жизни, рациональному и постоянному питанию, а также обогащению организма витаминами.

Одним из способов для снижения негативного воздействия перечисленных выше факторов является применение фитотронов. Можно перечислить следующие преимущества фитотронов:

- повышение комфортности визуальной среды,
- улучшение экологической обстановки,
- выращивание различных культур круглый год,
- экономия времени.

Проблемой в разработке домашнего фитотрона является определение габаритных размеров, поскольку они зависят от многих факторов. Прежде всего, от размеров помещения, количества зелени и её высоты, как корней, так и листьев, а

также внутреннее устройство фитотрона, и от количества человек в семье. Автоматизация работы устройства заключается в подключении его к водопроводу или в ее отсутствии (ручное управление), следовательно, определенное размещение на кухне также будет влиять на размеры.

По типу интеграции в помещение фитотроны бывают:

- встраиваемые (Рис. 1, а),
- портативные (Рис. 1, б),
- навесные (Рис. 1, в).

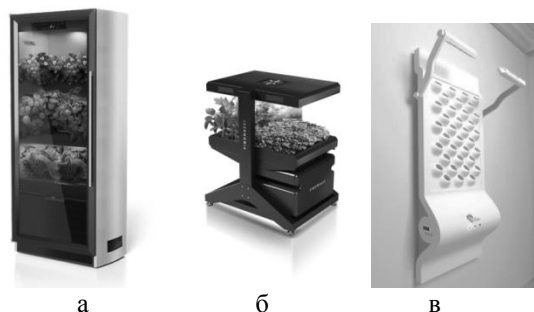


Рис. 1 а - Встраиваемый аналог Fibonacci AG-24, б - портативный аналог Fibonacci Home, в - Навесной аналог HARVEST 32/50 MAX

Размеры аналогов представленных фирм имеют большое количество вариаций. Ширина колеблется от 520 мм до 920 мм. Высота от 840 мм до 2030 и глубина от 500 мм до 540 мм.

### Методы индукции и дедукции при определении размеров фитотрона

Определение размеров рассмотрим на примере портативного фитотрона для микрозелени и метода индукции и синтеза двух методов: индукции и дедукции.

Метод индукции применяется, если теоретическая часть строится на базе конкретного визуального материала (аналоги, патенты). Метод дедукции (Рис. 2): сначала изучается теория вопроса, а потом она рассматривается в применении к конкретным случаям.



Рис. 2 Метод дедукции



По методу индукции: есть такие лотки фирмы «Фабрика микрозелени», их размеры: ширина - 315 мм, глубина - 225 мм, высота - 130 мм. Еще одно оборудование: Домашняя гидропонная установка ДГ-2. Размеры ее лотка: 600х400х400 мм. Проращиватель Ves Electric V-GH20: в нём присутствуют 4 ванночки для семян. Представляет из себя круг, разделённый на 4 равных сектора. Диаметр круга равен 215 мм. Площадь каждой ванночки равняется приблизительно 9070 мм<sup>2</sup>. Габариты лотка: 215х215х300 мм. Проращиватель 4 в 1 «Здоровье» размер лотка: 200х200х170 мм. Исходя из данных размеров, можно получить средний размер лотка, при этом нужно брать для расчета близкие по размеру проращиватели, чтобы размеры были более точными. Исходя из данных размеров, получаем: 240х210х200 мм. Это только один лоток, если включать размер между лотками, то получается высота: 600 мм для двух лотков, 900 мм для 3-х и 1200 мм для 4-х.

По синтезу методов индукции и дедукции обратимся к рассмотренным размерам аналогов. Для расчета используем метод дедукции и потом сравниваем получившиеся результаты.

Для эффективного роста зелени, ей необходимо определенное количество пространства, т.к. если будет слишком много расстояния между ростками, то фитотрон будет занимать лишнее пространство, а если меньше, то зелень будет запутываться в огромный пучок, который будет трудно употребить в пищу. Чтобы определить размер лотка для выращивания зелени по методу дедукции, нужно проанализировать виды, их размер и объем, который они занимают и размер корневой системы.

Микрозелень вырастает до употребления в пищу за 5-10 дней до 40-100 мм в высоту. Корни у них совсем маленькие, от 10 мм до 30 мм. Следовательно, размер лотка для микрозелени должен быть в глубину 40 мм, а расстояние между лотков – 100 мм, в общей сумме получается 140 мм.

Ежедневная доза полезной зелени — около 30 грамм до 100; этого количества достаточно, чтобы получить порцию микроэлементов и витаминов, необходимых для хорошего самочувствия [2]. Если проростки держать дольше 10 дней в воде – они погибают, таким образом, объем лотка должен быть такого размера, чтобы был постоянный поток зелени, без её порчи и утилизации.

По данным последней переписи населения за 2010, в России среднее количество человек в семье это 2,6 [3]. Исходя из этой цифры, фитотрон должен быть рассчитан на 3±2 человека, т.е. от 1 до 5ти. Среднее количество это 3, следовательно, суточная норма для потребления всей семьи это примерно 200 г. микрозелени. С 10 г семян вырастает 100-150 г зелени в зависимости от вида, а чтобы вырастить 20 г (для суточной нормы) нужен лоток примерно 150 мм на 200 мм. Чтобы

фитотрон был не слишком маленький, можно в одном поддоне поместить 2 лотка.

Выходит размер одного поддона будет таким: 300х200х430 мм. Количество поддонов в одном фитотроне от 2 до 4 шт., следовательно, высота внутренней части фитотрона без стенок получается: 280 мм, 420 мм и 560 мм.

Расстояние от нижней точки навесных шкафов кухни до верхней точки нижних шкафов в основном от 420 до 700 мм. Ножки 10 мм, ширина стенок по 10 мм, задней стенки 20 мм.

Итоговые размеры фитотрона 3х видов с 2мя, 3мя и 4мя лотками: 320х230х310 мм, 320х230х450 мм, 320х230х590 мм.

Такой фитотрон вставляется на кухонный стол, а также на подоконник, если зелень нужно будет выращивать в больших объемах, то модули с такими размерами можно комбинировать и встраивать в кухню. Точность размеров заключается, во-первых, в соотношении размеров лотка и объема полученной зелени. Во-вторых, в расчете объема зелени на определенное количество человек. Метод полива для портативного фитотрона может быть разный, но в данном случае для экономии места и увеличения количества поддонов внутри фитотрона лучше использовать капельный гидропонный полив или полив с периодическим затоплением. Указанные размеры не включают в себя размеры бака с водой, из которого будет автоматически подаваться питательное вещество. Можно рассчитать лотки для обычной зелени и продумать конструкцию фитотрона с возможностью замены лотков для разного типа.

### **Заключение**

Сравнивая полученные размеры лотков одним методом и синтезом методов можно увидеть, что более точные размеры получены с помощью синтеза методов. Присутствие в методах систематизированного подхода к проблеме помогает логично и точно определить нужные размеры. Методологию дизайн-исследования [1] можно применить на различные стадии разработки фитотрона или других промышленных объектов и их элементах, которые не контактируют с эргономикой.

### **Литература**

1. Овчинникова Р. Ю. Методологические основы дизайн-исследования // Омский научный вестник №1 (115), 2013. – С. 205-208;
2. Шаклеин С. Польза нашей микрозелени [Электронный ресурс] / Блог о микрозелени. - URL: <https://vsemzelen.ru/?p=724> (дата обращения: 09.11.2017);
3. Герасимова Е. Об итогах Всероссийской переписи населения 2010 года [Электронный ресурс] / Независимая газета, URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2011/0491/perep01.php> (дата обращения: 09.11.2017).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CAD-ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

М.А. Дзик, Р.Г. Долотова  
Томский политехнический университет  
mad15@tpu.ru, dolot63@mail.ru

### Введение

На сегодняшний день мы не можем представить нашу жизнь без компьютеров, потому что ЭВМ является нашим главным вспомогательным инструментом почти в любой сфере деятельности. Вы хотите отдохнуть? Посмотрите фильм! Вы хотите поработать? Вот всевозможное количество программ, выбирайте нужное и вперед! Практически сразу после появления компьютеров появилась и компьютерная графика, о которой пойдет речь в этой статье. В двадцать первом веке технологическое развитие не стоит на месте, а идёт вперёд огромными шагами, поэтому можно с уверенностью сказать, что нет ни одной области в деятельности человека, где бы не применялась компьютерная графика. Большая часть техники на заводах автоматизирована, и сейчас, чтобы изготовить деталь, мы должны создать ее модель в электронном виде, загрузить в запрограммированный станок, запустить процесс и ждать. Если раньше процесс разработки и создания какой-либо детали мог длиться неделями, то сейчас решение этой проблемы сведено к минимуму за счет CAD-технологий. Так, на сегодняшний день, инженеры-конструкторы, архитекторы, строители и инженеры имеют специальные программы, которые позволяют упростить процесс создания 2D- и 3D-моделей [1].

### Историческая справка

Computer-aided design – это система автоматизированного проектирования или САПР, которая стала незаменимым предметом для сведущего в данной области человека. Помощником студента при изучении графических дисциплин стала одна из самых популярных в мире САПР – AutoCAD. В далеком 1982 году Джон Уолкер, основатель компании Autodesk, совершил огромный прорыв, создав первую и неповторимую систему автоматизированного проектирования – AutoCAD [3]. На данный момент количество пользователей программами компании Autodesk достигло 9 миллионов пользователей по всему земному шару. В 1999 году у AutoCAD появился внутренний конкурент – Inventor, также, достаточно удобная в своем роде программа, применяемая специалистами и студентами на разных этапах обучения: от формирования базовых представлений о компьютерной графике до непосредственной практической работы. Обе программы похожи по выполняемым функциям, библиотечному ассортименту и запрашиваемым командам, но основным различием между двумя программами

является то, что Inventor – это решение для промышленного производства и машиностроения, ведь он позволяет проектировать и визуализировать различные трехмерные модели в цифровой среде, а итогом стараний является цифровой прототип будущего физического прототипа модели, даже с учетом материала этого изделия, в то время как AutoCAD выступает в роли основополагающей программы, то есть основой для построения любого чертежа в Inventor является 3D-модель будущей детали, а в AutoCAD, наоборот, все начинается с чертежа. Все CAD-технологии призваны упростить пользователю работу простотой и удобством в использовании. Так, для студента играет немаловажную роль экономия времени потраченного на выполнение задания.

### Пример использования CAD-технологий

Для того чтобы наглядно показать принцип работы САПР программ, давайте разберем построение трехмерной модели гайки накладки [2] в программе AutoCAD и Inventor.

Первым разберем первый пример в виде самой популярной программы для упрощения графической ручной работы. Итак, первым делом после открытия программы, мы должны выбрать необходимые нам настройки: 3D моделирование, создать необходимые слои и установить координатную плоскость. Затем при помощи команд на панели «Рисование» создаем контур гайки. При использовании команд «Вращение» и «Моделирование» превратим наш чертеж в настоящую объемную деталь. Затем, используя выдавливание и редактирование, превращаем все примитивы в один объект и наконец, после построения фаски твердотельная модель готова.

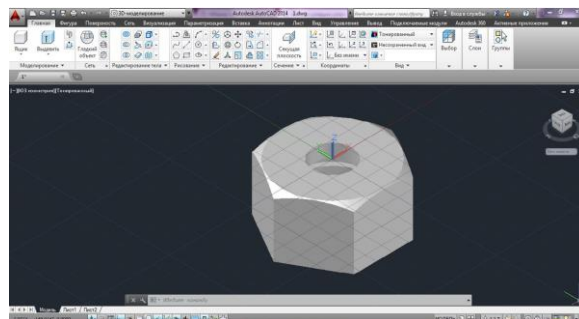


Рис. 1. Вид гайки накладной в объеме.

Далее, для построения чертежа нашей объемной модели, требуется сменить вкладку с «Чертеж» на «Лист», выбрать и загрузить подходящий формат, заполнить рамку. Далее происходит построение видов и нанесение

нужных размеров. В итоге получаем чертеж, представленный на рисунке 2.

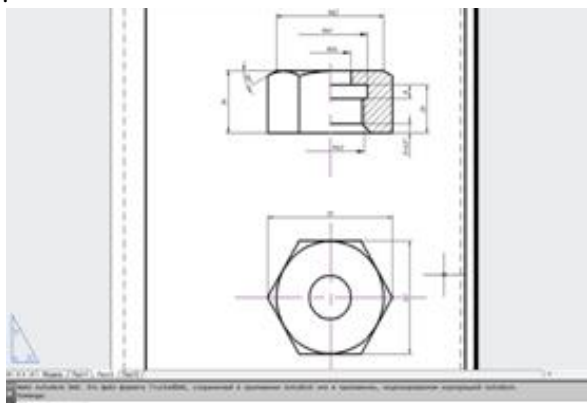


Рис. 2. Чертеж гайки, построенный по 3D-модели.

Далее давайте разберем пример выполнения чертежа в другой САПР программе – Inventor. Формирование модели детали разберем на примере сборки корпуса, весь процесс начинается вновь с создания эскиза, а далее этому эскизу придается нужная форма и добавляется резьба. В итоге получается корпус представленный на рисунке 3.

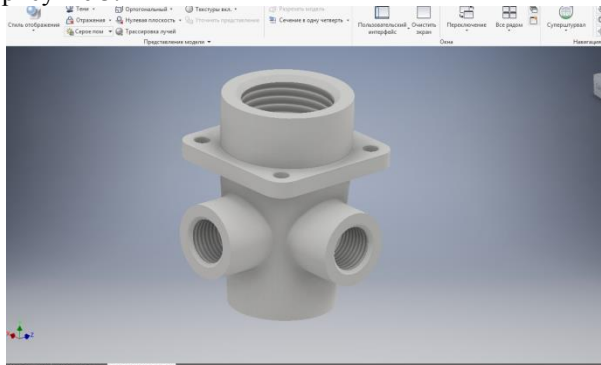


Рис. 3. Создание твердотельной модели корпуса в Autodesk Inventor.

После проделанной работы, для построения чертежа нашего корпуса первым делом мы должны выбрать формат и заполнить рамку, используя специальную систематизированную и упрощенную функцию, а не писать в каждой ячейке отдельно используя некий алгоритм, как в AutoCAD-е [3]. Следующим шагом необходимо разместить в полученном пространстве главный вид, с помощью которого, мы сделаем сечения, разрезы и выносные элементы и проекционные

виды. Последним действием будет нанесение размеров и мы увидим полученный результат в том виде, в котором он представлен на рисунке 4.

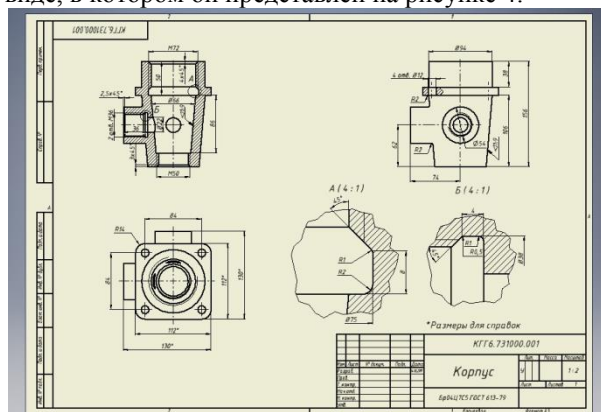


Рис. 4. Пример чертежа корпуса полученного при использовании программы Inventor.

### Заключение

В данной статье были рассмотрены две основные программы компьютерной графики: AutoCAD и Inventor, указаны их достоинства и отмечены недостатки. Несомненно, использование CAD-технологий очень важно при изучении графических дисциплин. При выборе программы для использования в процессе обучения следует выбирать Autodesk Inventor, потому что именно эта программа позволяет выполнять задания максимально точно, экономя время пользователя за счет своего удобного и простого интерфейса. С другой стороны профессионалы, имеющие достаточно большой опыт в работе с подобными графическими приложениями однозначно выберут Autodesk AutoCAD, потому что эта программа позволяет раскрыть весь потенциал выполняемой работы и учесть множество нюансов, в которых достаточно тяжело разобраться студенту.

### Список использованных источников

1. Бирнз Д. AutoCAD 2011 для чайников = AutoCAD 2011 For Dummies. — М.: «Диалектика», 2011. — С. 480.
2. Антипина Н.А. Компьютерное проектирование: учеб. пособие/ Н.А. Антипина и др. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011.–193 с.
3. Википедия. Свободная библиотека. [Электронный ресурс] / Официальный сайт: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AutoCAD> (дата посещения 24.09.2017)

## НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА

Д.Р. Итыгина, Р.Г. Долотова, А.Е. Долотов  
Томский политехнический университет  
dolotova@tpu.ru, ityginad@mail.ru

### Введение

Изображение занимает в нашей жизни важное место. Начиная с первобытного общества, существуют многочисленные изображения на камнях, скалах, предметах, орудиях. Изготовление любого предмета, с некоторого времени, начинается с составления чертежа, позволяющего определить форму предмета, размеры его частей, а также получить наглядное представление о нем. В течение долгого времени создавались техники изображения предметов. Выдающиеся русские механики-самоучки И. П. Кулибин (1735–1818 гг.), И. И. Ползунов (1726–1766 гг.) выполняли свои чертежи способом, который научно обосновал только в 1799 г. Это сделал основатель начертательной геометрии - французский ученый Гаспар Монжем. Начертательная геометрия и инженерная графика занимают в нашей жизни важное место. Всё, что нас окружает, не было бы осуществлено без помощи этих двух дисциплин. Сложнейшее оборудование, станки, машины, летательные аппараты, здания, мосты - все эти конструкции было бы невозможно соорудить без детальных и качественных чертежей.

Начертательная геометрия - крепкий теоретический фундамент практического выполнения технических чертежей, который обеспечивает их точность и образность. А, следовательно, - возможность релевантного изготовления по чертежам реальных деталей и сооружений.

Начертательная геометрия занимает особое положение среди других наук. Именно данная дисциплина создает необходимую базу знаний, которая учит представлять и воспринимать тот или иной объект. Этим обусловлена большая роль начертательной геометрии в формировании будущего специалиста-инженера. Ведь данная дисциплина является теоретической базой для освоения инженерной графики и последующих общепрофессиональных и специальных дисциплин.

### Историческая справка

Первое изложение инженерного опыта относится к 16-13 годам до н.э. - сочинение «Десять книг об архитектуре», написанное римским зодчим и инженером Марком Витрувием Поллионом. Одновременно с этим, в Древней Греции, шло интенсивное накопление геометрических знаний – это связано с появлением вычислительной геометрии. Пифагор, Эвклид систематизировали геометрические сведения.

Эвклид издал труд под названием «Начала» – это собрание из 15 книг, куда вошли определения, основные аксиомы, теоремы. Он построил ту геометрию, которую мы используем сейчас. Из учёных данной эпохи также можно вспомнить Архимеда и Фалеса.

Следующим шагом в развитии науки явилась эпоха Возрождения. Вопросам построения наглядных изображений уделяли в то время большое внимание многие известные учёные, инженеры, зодчие и художники. Среди них Леонардо да Винчи, Альбрехт Дюрер, Леон Баттиста, Гвидо Убальди. Такое обостренное внимание к данной теме было вызвано развитием техники, да и общим духом времени, направленным на культ научного метода и знания. Достигнутые здесь успехи не прошли даром, они принесли свои плоды в годы французской революции. В 1798 г. крупный математик, инженер, член Парижской Академии наук Гаспар Монж выступил со своей работой «Начертательная геометрия». В этом научном труде впервые была проработана идея адекватного отображения трёхмерного пространства на плоскость с помощью проекционного метода. Этот вариант отображения получил название - система ортогонального проецирования на три плоскости проекций, и она используется до настоящего времени.

Основоположником начертательной геометрии считается Гаспар Монж. С тех пор данная дисциплина постепенно оформлялась жёсткими правилами, требованиями, стандартами, а также пополнялась некоторыми вспомогательными вариантами проекционных изображений (аксонометрия). Весь этот материал в совокупности составил основу современной инженерной графики.

### Цели и задачи дисциплины

Сопоставление трёхмерного объекта с его плоской проекционной моделью - основная задача начертательной геометрии. Плоское изображение предмета или детали называется её чертежом. Это не просто рисунок, а конструкторский документ и выполняется он по соответствующим требованиям, единым стандартам. Его можно назвать своеобразным языком, в котором используются точки, линии, цифры, причём этот язык является интернациональным, т.к. он понятен любому инженеру и не зависит от языка.

Методы начертательной геометрии находят широкое применение во многих науках, например,



химии, механике, архитектуре и применяются практически во всех отраслях промышленности, начиная от лесного хозяйства и заканчивая сложнейшей электроникой космических летательных аппаратов. Данная дисциплина развивает логическое мышление и именно поэтому входит в число фундаментальных дисциплин инженерного образования. Важно, как можно раньше вводить данный предмет, например, начиная со школы. У детей развивается пространственное воображение, улучшается логика, а тем ребятам, которые в будущем мечтают стать инженерами, это невероятно поможет. В настоящее время у абитуриентов, как правило, нет достаточных знаний для успешного освоения основных инженерных дисциплин.

#### **Заключение**

Решение всех задач начертательной геометрии основано на аксиомах, постулатах, теоремах. Несмотря на то, что они довольно-таки понятные, при недостаточно развитом пространственном воображении в начале курса изучение часто бывает затруднено. Возможность планировать и корректировать свои действия дает человеку пространственное воображение. Умения создавать в воображении образы и оперировать ими является характерной особенностью интеллекта человека, а развитие пространственного воображения в определенной мере может оказывать содействие его интеллектуальному развитию. Сам процесс развития пространственного воображения способствует оптимальному и интенсивному развитию таких психических функций, как память, мышление, восприятие, внимание, которые являются обязательными для успешного обучения. Пространственное воображение имеет особое значение для будущего инженера, как средство чтения чертежей и схематических условных обозначений.

#### **Список использованных источников**

1. Четверухин И.Ф. О содержании и методах преподавания курса начертательной геометрии в высших технических учебных заведениях. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Изд. РИИГВФ, Рига, 1960.
2. История развития начертательной геометрии. Предмет и метод начертательной геометрии. [Электронный ресурс] URL: <http://studopedia.ru>
3. Значимость черчения в школе. [Электронный ресурс] URL: <http://nsportal.ru>
4. Кузнецов И.С. Начертательная геометрия. М.: Высшая школа, 1969.
5. Начертательная геометрия и инженерная графика. [Электронный ресурс] URL: <https://openedu.ru>

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРАМИ И УСТРОЙСТВАМИ ПОСРЕДСТВОМ ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ

Хазюрова А.Е.<sup>1</sup>, Васильева М.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, студентка кафедры НГПД

<sup>2</sup>Томский политехнический университет, аспирантка кафедры ТМСРР

Научный руководитель Кухта М.С. д.ф.н., профессор кафедры ТМСРР

Томского политехнического университета, член Союза Дизайнеров России

e-mail: marrian@sibmail.com

**Аннотация:** Актуальность работы обусловлена необходимостью структурирования выбора видов управления прибором в зависимости от поставленной задачи перед промышленным дизайнером.

**Ключевые слова:** Промышленный дизайн, дизайн, панель управления, графический интерфейс, управление прибором.

В настоящее время происходит активное внедрение сенсорных экранов в панели управления различных приборов и устройств. В этом случае управление осуществляется через графический интерфейс. Постепенно ручные органы управления уходят в прошлое. Но у данной тенденции есть и отрицательные стороны, такие как ухудшение эргономики управления устройством – отсутствие обратной физической связи с пользователем. Поэтому вопрос о наиболее удачном выборе способа управления различными приборами устройствами стоит перед промышленным дизайнером особо остро.

Цель работы – проанализировать сильные и слабые стороны, при различных способах организации панели управления устройством.

### АНАЛИЗ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ

На сегодняшний день можно выделить два основных способа управления приборами посредством панели управления, это с помощью органов управления, когда конкретной функции изменения состояния прибором, соответствует отдельно выделенный орган управления, и управление прибором через графический интерфейс, когда изменения параметров происходят через программное обеспечение (софт) на дисплее прибора (рис. 1).



Рис. 1. Панель управления

### 1. Органы управления (ОУ)

ОУ подразумевает под собой отдельно выделенный физический орган управления для непосредственного изменения конкретных параметров прибора, посредством кинетического контакта. Сюда можно отнести кнопки, валкодеры, ползунки, переключатели, джойстики и т.д. Работая с ОУ оператор может физически контролировать процесс управления прибором. Каждую проводимую операцию он осознает на уровне тактильных ощущений [1,2].

Плюсы ОУ:

- возможность управления «вслепую», посредством мышечной памяти оператора, зачастую нет необходимости даже отвлекать внимание от выполнения своей работы на панель управления прибором.

- физическая обратная связь, оператор получает физический «отклик» от момента управления прибором и точно знает, например, в каком состоянии находится орган управления.

- высокая скорость управления, когда у необходимой функции есть отдельный орган управления, нет необходимости, отвлекаться от выполнения работы и тратить время на изучение и прохождение через меню пользователя.

Минусы ОУ:

- высокая стоимость изготовления прибора, за счёт дополнительных элементов (органы управления, индикаторы, проводка, оплата труда).

- увеличение сроков производства.

- Панель управления требует больше площади на корпусе прибора.

- Может увеличиться требование к массе прибора, прочности конструкции, общему размеру или даже необходимость крепления к основе, так как физическое управление подразумевает под собой кинетическую нагрузку на прибор.

### 2. Управление посредством Графического интерфейса (ГИ)

В данном случае управление устройством осуществляется через нажатие специально выведенных кнопок, или устройств (клавиатура, мышь), или непосредственно на сенсорном экране. Оператор управляет функциями прибора работая с программой управления по средствам графического интерфейса на дисплее.

Чаще всего элементы ГИ реализованы в виде меню списков или на основе иконок-метафор и

отображают их назначение и текущий статус, что облегчает понимание и освоение программ неподготовленными пользователями. [3]

Плюсы ГИ:

- Возможность уместить в рамках дисплея множество функций.
- Возможность обновления программного обеспечения приборов и устройств.
- Вариативность и многопользовательность, когда можно различным ролям пользователей можно водить ограничения по числу пунктов меню управления.
- Компактность, дисплей может быть намного меньше по площади, нежели все, аналогичные по функциональной нагрузке, РОУ.
- Дешевизна в производстве, современные экраны и «железо» могут быть дешевле печатной платы с множеством физических органов управления, каждому из которых требуется изготовление оболочки, соблюдающей общий дизайн, стиль устройства.

Минусы ГИ:

- Дисплей может быть «ослеплен», или давать блики от лучей солнца и считывание информации с него будет затруднительно.
- ГИ требует больше времени на каждую операцию, зачастую необходимо производить «ненужные» переходы по меню пользователя в поисках нужной настройки (рис. 2).



Рис. 2. Среднее количество «шагов» необходимых для изменения настроек.

- Для управления прибором пользователь вынужден отвлекать своё внимание от работы на экран устройства. Что зачастую может быть просто опасно для здоровья и жизни, как самого пользователя, так и окружающих (напр. автомобиль).

- Фактор эмоционального раздражения пользователя, когда, не получая нужного результата и физического отклика, например, «щелчка» от устройства, мы испытываем дискомфорт от момента неизвестности.

- Не всегда есть возможность использовать пальцы руки для нажатия кнопки, руки оператора могут быть просто заняты, или на них надеты перчатки (ситуация в лифте)

Особенно важно отметить тот факт, что, не смотря на существование интерактивного (или двунаправленного) интерфейса, оператор не всегда получает полную информацию о состоянии прибора. Если в случае с аналоговыми органами управления информация воспринимается пользователем на уровне тактильных ощущений, то независимо от существующих видов

индикаторов (визуальные, звуковые и световые) и их условиями предъявления, оператор теряет частично физическую связь с прибором, тем самым замедляя процесс чтения информации с него.

### Заключение

Идеальному устройству панель управления вовсе не нужна, идеальный лифт сам поедет, на нужный этаж, идеальный автомобиль, сам настроит комфортную температуру в салоне, а идеальный плеер сам будет включать музыку по настроению и с должным уровнем громкости. Но, пока, появление интеллектуальных комплексов, предугадывающих потребности пользователя является областью научной фантастики.

Для промышленного дизайнера, панель управления – отрицательное явление, которое служит тормозом между потребностью пользователя и выполнением устройством своей функции. Задача промышленного дизайнера – максимально сократить время, требуемое на изменение настроек устройства, и максимально увеличить эргономику и удобство использования панелью управления и устройством в целом.

Выбор способа управления – нетривиальная задача и требует тщательного всестороннего рассмотрения, в каждом конкретном случае, как с точки зрения эргономики, так и с точки зрения себестоимости разработки дизайн проекта и, непосредственно, производства. [4]

Также можно сделать вывод, что задавать параметры, которые нуждаются в редкой настройке удобнее через графический интерфейс, так как это упрощает внешний вид прибора, а также облегчает его понимание; а вот оперативное регулирование лучше осуществлять ручными органами управления.

Не стоит забывать и об эмоциональной составляющей, пользователь, в первую очередь – человек. И от возникающих чувств, от управления прибором, зависит как качество работы, так и лояльность к бренду, выпустившему этот товар на рынок.

### Список использованных источников

1. Стадниченко Л. И. Эргономика: Уч. пособие. – Комсомольск-на-Амуре – Воронеж: Воронежский госуниверситет, 2005. – 114 с.
2. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды – М.: Логос, 2001. – 62с.
3. Гращенко Л. А. Обобщенная модель угроз информационной безопасности визуальных интерфейсов пользователя // Известия ОГИТ. Серия: Информационные системы и технологии. — 2006. — №. 1. — С. 41-45.
4. Кухта М. С. , Куманин В. И. , Соколова М. Л., Гольдшмидт М. Г. Промышленный дизайн: Учебник. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013 - 312 с.

## ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ПАЦИЕНТОВ

Лаутеншлегер Н.Н.

Научный руководитель: Мамонтов Г.Я., Хмелевский Ю.П.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Laut1994@mail.ru

### Введение

Трудно спорить с тем, что активный образ жизни крайне положительно влияет на здоровье человека. Регулярные физические нагрузки способствуют повышению иммунитета, что помогает предотвратить множество различных заболеваний. Занятия спортом необходимы не только для здоровых людей, но и для людей с ограниченными возможностями, а зачастую показаны в качестве лечебных процедур. Например, для реабилитации после серьёзных полученных травм или врожденных болезней – ДЦП, где просто необходимо регулярно укреплять те или иные мышцы тела. Однако, на данный момент число специализированных и качественно обустроенных спортивных площадок для людей с ограниченными возможностями весьма невелико. Решением данной проблемы является создание тренажёрного комплекса (площадки), адаптированного для людей с ограниченными возможностями, чтобы у данной категории городских жителей была возможность тренироваться и укреплять своё здоровье наравне со здоровыми людьми [1]

### Требования к проектируемым спортивным площадкам

На территории РФ насчитывается около 12 000 000 людей с ограниченными возможностями. Для большинства из них наличие качественной физической нагрузки стоит в числе первой необходимости, так как зачастую от этого зависит процесс восстановления после болезни. Учитывая число людей с различными отклонениями тех или иных функций организма тема исследования несомненно является актуальной.

Нельзя однозначно утверждать, что подобные площадки отсутствуют. Однако, из числа тех, которые были исследованы многие не соответствуют необходимым нормам (рис. 1). Для выяснения соответствия заданным нормам, необходимо определить критерии, при соблюдении которых занятия на спроектированных тренажёрах будут безопасны и обеспечивать видимый прогресс лечения. В процессе изучения проблемы были выявлены следующие критерии:

- 1) удобное расположение тренажеров;
- 2) возможность комфортного передвижения по площадке во время тренировок;

- 3) правильное распределение нагрузки на мышцы во время выполнения упражнений.



Рис. 1. Площадка для людей с ограниченными возможностями компании Hercules

### Восстановление людей с ограниченными возможностями

Создание эргономичной площадки для людей с ограниченными возможностями, требует реализации таких технических решений, как: подбор безопасного покрытия с прорезиненной основой, разделения тренажеров на разные группы мышц, продуманное расположение поручней, фиксаторов и перекладин для комфортного и безопасного передвижения занимающихся по площадке.

В процессе работы было поставлено несколько задач, а именно:

- провести анализ литературных источников и патентный поиск по восстановительным тренажерам для того, чтобы определиться с тренажерами, которые будут находиться на площадке;
- выбрать по рекомендациям врачей наиболее востребованные методики для восстановления определенных органов человеческого организма;
- выявить несколько тренажеров выполняющих восстановительные функции по каждому направлению (для рук, ног и туловища);
- провести аналитическое исследование по способам восстановления двигательных функций пациента, подобрать из аналогов наиболее оптимальные устройства и в завершении предложить оптимальную траекторию размещения тренажеров для улучшения здоровья маломобильных клиентов восстановительных центров;



- апробация и тестирование методики (эргономика, расчеты, технический чертёж).

Выполнение поставленных задач помогут смоделировать площадку, которая будет отвечать заявленным требованиям врачей–реабилитологов для правильного восстановления людей с ограниченными возможностями.

#### **Особенности дизайн-проектирования траектории размещения тренажеров**

При проектировании площадки используются основные методы в дизайне при создании конструкции – метод формообразования и агрегатирования. Метод формообразования – процесс создания формы промышленного изделия в соответствии с общими ценностными установками культуры и требованиями, имеющими отношение к эстетической выразительности будущего объекта, его функции, конструкции и т.п. [2]. Метод агрегатирования – художественное конструирование, основанное на том, что изделие рассматривается как конструкция, расчлененная на самостоятельные узлы, сочетания которых могут выполнять одну функцию или, при перекомпоновке, менять рабочие функции. Все перечисленные методы могут помочь при создании объекта [3].

Конечным результатом является не просто уличная площадка для «ворк-аута», а специализированный спортивный модуль, который будет содержать минимальный комплекс тренажеров, позволяющий проводить комфортные тренировки для маломобильных групп населения. Данная площадка будет иметь модульную структуру, что позволит оперативно изменять ее конструкцию, подстраивая под необходимый комплекс упражнений, а так же возможно изменять её размеры, чтобы вместить больше занимающихся.

Кроме того, минимальный спортивный модуль будет иметь рекомендованную схему передвижения занимающихся, что возможно только при правильном размещении тренажеров на спортивной площадке. Это поможет обеспечить более качественный тренировочный процесс, а также следовать рекомендованной схеме упражнений.

Для создания эргономичной площадки для маломобильной категории граждан было проведено исследование существующих решений, определены принципиальные критерии, которым должны соответствовать современные тренажёрные комплексы для людей с ограниченными возможностями. Одним из основных критериев является траектория размещения восстановительных тренажеров, что будет положено в основу тренировочного процесса и способствовать более качественному результату тренировок.

#### **Заключение**

Для людей с ограниченными возможностями спорт – это возможность к расширению контактов с окружающими, а также уверенный шаг к успешной реабилитации. Многие люди с инвалидностью имея желание заниматься спортом не имеют доступа к качественным, продуманным тренажёрным комплексам. Подход, предложенный в данном исследовании, позволит сделать занятия физической культурой более доступными для различных категорий людей с ограниченными возможностями.

#### **Список использованных источников**

1. Сокращение предотвратимых потерь здоровья детского населения — стратегия социальной педиатрии / А. А. Баранов, Т. В. Яковлева, В. Ю. Альбицкий [и др.] // *Вопр. соврем. педиатрии*. — 2008. — Т. 7, № 4. — С. 6–8.
2. Кухта М.С. *Дизайн и технологии: учебник*. – Томск: STT, 2016. – 170 с. – (Дизайн и общество).
3. Кухта М.С. *Промышленный дизайн* / М.С. Кухта, В.И. Куманин, М.Л. Солова, М.Г. Гольдшмидт; под ред. И.В. Голубятникова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 312 с.

## **ПРОБЛЕМА «КЛИПОВОГО МЫШЛЕНИЯ» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ АСПЕКТАХ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ВИДЕОУРОКА «ЗАКОНЫ КОМПОЗИЦИИ»**

Викулова М.А., Ризен Ю.С.

Научный руководитель: ст. преподаватель Ризен Ю.С.

Томский политехнический университет

e-mail: mascha.vikulova@yandex.ru

### **Введение**

Мы живем в век информации, что означает стремительное развитие информационных технологий и выброс большого количества данных в массы. Помимо этого темп человеческой жизни ускоряется с каждым годом. Именно эти факторы являются главными причинами в формировании поколения с новым типом восприятия, так называемым «клиповым». Это означает, что в настоящее время информация воспринимается не целостно, а как череда почти не связанных между собой частей, фактов, событий. Образ не задерживается в мыслях надолго, он практически сразу заменяется новым, в результате чего отсутствует целостная картина окружающего мира [1].

90% всей информации человек получает путем зрительного восприятия. Поэтому сегодня, как никогда актуально визуализировать большие объемы данных, что поможет представить информацию в доступной форме для большинства людей, сократить время ознакомления с новой информацией, а также привлечь внимание пользователя.

В данной статье рассмотрен пример визуализации информации на примере создания видеоурока, посвященного законам композиции, и который соответствует особенностям восприятия современного пользователя.

### **Основные результаты**

Для достижения цели при разработке видеоурока были пройдены три этапа:

- обзор аналогов и проектирование;
- визуализация;
- создание анимации.

### **Обзор аналогов и проектирование**

В настоящее время на просторах Интернета можно найти большое количество статей, посвященных законам композиции, однако для современного пользователя с «клиповым мышлением» такой вид информации не всегда подходит, так как он не способен концентрироваться на большом объеме текстовой информации. Также существует некоторое количество видеороликов, но многие из них имеют недостатки, такие как, слишком большой хронометраж с представлением маленького объема информации, плохая озвучка, отсутствие акцента на важных моментах и т.д. [2-3].

Таким образом, на основе обзора аналогов были выделены основные требования к визуализации элементов проектируемого видеоролика:

- небольшая длительность (3-5 минут - среднее время концентрации пользователя с «клиповым мышлением»);
- выделение главных элементов и частей видеоурока;
- наличие качественной анимации, так как такой способ подачи информации наиболее прост и понятен пользователю для восприятия;
- быстрая смена кадров, что заставляет внимание пользователя задерживаться дольше.

Более того, визуализация может помочь людям увидеть вещи, которые не были очевидны для них раньше. Визуализация данных помогает передать информацию универсальным образом и делает это быстро [4].

### **Визуализация**

На этапе проектирования для визуализации были выбраны следующие законы композиции:

- динамика;
- статика;
- метр (простой и сложный);
- единство;
- нюанс;
- равновесие;
- симметрия;
- асимметрия.

На этапе графического оформления учитывались следующие факторы, влияющие на восприятие пользователя:

- узнаваемость (знакомые сигналы воспринимаются быстрее);
- интенсивность передаваемого сигнала (большие, контрастные объекты воспринимаются быстрее);
- подвижность сигнала;
- баланс между пробелами и контрастными цветами.

Зрительное восприятие начинается с выделения общих структурных особенностей объекта. В первую очередь воспринимается отношение предметов и пространства, затем осваиваются отношения между предметами, затем между деталями предметов, в результате чего создается четкое представление о целом.

При создании композиции необходимо также учитывать расположение зрительного центра, который находится несколько выше геометрического, что происходит от психологического восприятия низа картины как более тяжелого по сравнению с верхом.

Восприятие форм связано с теми или иными биологическими потребностями организма. «Человеку присущи некоторые биологические потребности: для ориентации ему необходима четкость и простота, для уравновешенности и правильного функционирования - единство и равновесие, для стимулирования - разнообразие и напряженность» [5].

Таким образом, с учетом всех факторов, влияющих на зрительное восприятие, были созданы эскизы композиций и раскадровка для создания видеоурока, который будет максимально доступен и понятен для пользователей со всеми типами восприятия [6].

Следующим этапом проектирования является выбор цветового решения.

Для эффективного визуального восприятия существует формула создания правильного цветового баланса, которая выглядит как «60/30/10». Это означает, что основной цвет должен занимать 60% поверхности, вторичный цвет – 30%, а на цветовой акцент приходится оставшиеся 10%. Преобладающий цвет должен быть наименее насыщенный, в то время как акцентирующий цвет должен передавать наиболее важное содержание. Это происходит потому, что при зрительном восприятии пользователь обращает внимание на тот элемент, который занимает мало место в пространстве, но больше всего контрастирует с фоном [7].

Также для эффективного восприятия информации лучшей цветовой гармонией являются комплементарные цвета, так как в этом случае создается равновесие всей композиции.

В рамках проекта при помощи программного обеспечения Adobe Color была выбрана цветовая гармония (оттенки мятного и розового), в которой выполнены все композиции для видеоурока.

#### **Создание анимации**

На этапе проектирования было выявлено, что подвижные элементы лучше воспринимаются пользователем. Хотя анимация и играет вспомогательную роль, она способствует наглядности описания, лучшему пониманию и запоминанию. Исходя из этого, для созданных композиций была выполнена анимация с помощью программного обеспечения Adobe After Effects CC. В данном случае использовались приемы шейповой анимации, что означает изменение базовых параметров объекта, таких как положение (position), размер (scale), прозрачность (opacity) и поворот (rotation). Данный прием позволил создать несложную анимацию, которая полностью показывает способ и порядок образования той или иной композиции. Также для поддержания расставленных акцентов было подобрано музыкальное сопровождение.

#### **Заключение**

В результате работы был создан видеоурок, посвященный законам композиции, который является наглядным дополнением к теоретической части этого вопроса. Данный видеоурок может

быть использован как визуальное сопровождение при объяснении новой темы или как материал для самостоятельного изучения и повторения. Он отвечает всем требованиям восприятия современного пользователя. Так, небольшой хронометраж видео позволяет за очень короткое время получить максимум информации. Быстроменяющиеся кадры позволяют удерживать внимание пользователя. А благодаря правильно выбранной форме и цвету расставляются акценты, которые указывают пользователю на главные моменты. Таким образом, такой способ представления информации является наиболее эффективным в настоящее время. Перспективами разработки является создание серии обучающих видеоуроков в данном формате.

#### **Список использованных источников**

1. Клиповое мышление-феномен современности [Электронный ресурс] режим доступа: <http://jarki.ru/wpress/2013/02/18/3208/> (дата доступа: 19.10.17)
2. Основы композиции [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=QcuInap1lQ4> (2017)
3. Care to Click Infographic Animation [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=QViCXgkcBRM> (2017)
4. Н.А. Беляев; Визуализация данных: инфографика как инструмент маркетинга / Южно-Уральский государственный университет / г. Челябинск
5. Восприятие мира человеком. Эмоции. Зрительное восприятие, его роль в композиции [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.idlazur.ru/art79.php> (дата доступа: 19.10.17)
6. В.Ю. Радченко; Основы формальной композиции [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт кибернетики (ИК), Кафедра начертательной геометрии и графики (НГГ), - 1 компьютерный файл (pdf; 5.2 MB), - Томск: Изд-во ТПУ, 2013 – Системные требования: Adobe Reader., Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m347.pdf>
7. Теория цвета – как управлять вниманием пользователя? [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://lpgenerator.ru/blog/2013/09/05/teoriya-cveta-kak-upravlyat-vnimaniem-polzovatelya/> (дата доступа: 19.10.17)

## ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙНА СКУЛЬПТОРА ИСАМУ НОГУЧИ

Брень А. Ю., Виитман В. Р.

Научный руководитель: Виитман В. Р.

Томский политехнический университет»

Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30

arina.bren.99@mail.ru

### Введение

Общие особенности творчества

Исаму Ногучи – одна из наиболее интересных и значимых фигур в искусстве 20 века. Это художник, успевший проявить себя в самых разных направлениях и видах изобразительного искусства. Его творчество, не смотря на общее сходство с современными ему тенденциями, глубоко оригинально и самобытно. Авторский почерк Исаму Ногучи – это объединение западного, модернистского культурного феномена с элементами традиционного искусства Китая и Японии. Сам Исаму называл себя скульптором. И действительно, все его художественные решения, будь то мебельный или ландшафтный дизайн, проектирование детских площадок или разработка мемориальных комплексов - все это неотделимо от замысловатых скульптурных образов. В данном докладе я бы хотела рассмотреть творчество Исаму Ногучи с точки зрения промышленного дизайна, но для этого конечно, требуется обзорно обратиться ко всей его деятельности.

### Биография

**Детство.** Смесь американской и японской традиции в творчестве Ногучи во многом была обусловлена прохождением художника. Его мать - американская писательница и репетитор английского языка Leonie Gilmour, отец - знаменитый японский поэт Yone Noguchi. Родители оказали большое влияние на развитие творческих способностей своего ребенка. От отца, к примеру, Ногучи досталось образное и даже несколько поэтичное мышление. Однако в семье не все было гладко. Исаму Ногучи родился в 1904 году в Лос-Анджелесе, тогда как уже в 1906, после его с матерью переезда в Токио, его родители расстались. Детство Ногучи провел в постоянных разъездах по Японии вместе с матерью, иногда вместе с отцом. Они нигде не задерживались надолго, и Ногучи привык к кочевой жизни, в этих путешествиях он еще мальчиком, набирался ярких впечатлений, наблюдая красоты прекрасной страны.

**Учеба.** Первые шаги в своем ремесле будущий дизайнер сделал, будучи подмастерьем у столяра, строившего дом его матери (1913). Именно мать заметила в сыне явную склонность к творчеству и посоветовала ему заняться садовым дизайном. В 1916 году она посылает сына в колледж в Америке. В 1922 г. он попадает на летнюю практику к скульптору Гутзону Борглуму. В 1924 — его мать переезжает в Нью-Йорк, и поощряет Исаму пойти в вечерний класс скульптуры в художественной школе им. Леонардо да Винчи. Руководитель школы Onorio Ruotolo восторгается работами Исаму и устраивает его первую выставку, после 3-х месяцев обучения. В 1925-26 — Исаму Ногучи выставляет академические фигурные скульптуры в салонах Национальной Академии Дизайна и Пенсильванской Академии Прекрасного Искусства. В 1927 году благодаря счастливой

случайности Ногучи попал в число учеников парижского скульптора Константина Бранкузи,



Рис.1. 1925 г. «Русалка»

который как скульптор оказал на него наиболее значительное влияние.

**Становление творчества.** В 1928 Исаму Ногучи начинает самостоятельно работать в

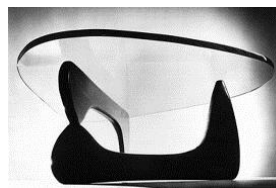


Рис.4. Coffe table

Париже, создавая абстрактные скульптуры и абстрактные рисунки гуашью. В связи с тем, что в этом же году он получает грант Guggenheim Fellowships, выдававшийся тем, «кто демонстрировал исключительную способность в образовании или исключительные творческие способности в искусствах» Исаму Ногучи возвращается к Нью-Йорку. В 1930-ые годы он много путешествует по Америке и Японии, впитывая в себя культуры этих стран. В эти годы он также устраивает большое количество выставок своих работ: выставка парижских абстракций(1929), выставка портретной



Рис.2. «Красный Куб»

скульптуры в Нью-Йорке(1930), выставка керамической скульптуры в Токио(1931), выставляет социальные и политические работы(1935). В 1930-ые годы он также получает свои первые крупные и значимые заказы: в 1936 году делает серию дизайнов для балетов Марты Грэхем, в 1938 создает дизайн фонтана Chassis для



компании Ford Motor, а также создает барельеф «Новости» для здания «Ассошиэйтед пресс».

**Зрелые работы.** 1940-ые года, пожалуй, можно назвать временем перехода творчества Ногучи на зрелый этап. Он становится, действительно, признанным мастером и к нему все чаще обращаются с заказами, значимость которых также растёт. Конечно, его творчество не стоит на месте, получая разнообразные заказы, мастер все больше раскрывается как художник и философ. На зрелом этапе творчества его произведения все больше упрощаются внешне, но все больше усложняются внутренне. Отметим наиболее значимые из них. Ландшафт и архитектура: помощь в разработке Мемориального парка мира в Хиросиме (1951), работа над садовым дизайном для штаб-квартиры ЮНЕСКО в Париже(1956), сады для штаба IBM(1964); фонтаны: девять фонтанов для Экспо 70(1970), фонтан тумана(1975); скульптуры: «Черное Солнце»(1966), Красный Куб для Бродвея, Нью-Йорк(1968).

**Работы в области промышленного дизайна.** Работы Исаму Ногучи в области промышленного дизайна скорее можно назвать произведениями искусства или скульптурными шедеврами, нежели предметами быта. Во всех его дизайнерских работах модернистские яркие и броские формы сочетаются с минимализмом и духовностью, присущим японской культуре. Открытия Ногучи в промышленном дизайне являются действительно ценной находкой и служат примером для современных дизайнеров. Ведь в своих проектах он решил самые важные задачи дизайн: создал эстетически прекрасные, гармоничные и максимально дружелюбные к людям предметы. Обратимся к знаковым дизайнерским работам Ногучи.

**Радионяня.** Первой ласточкой дизайнерской работы Ногучи, выпущенной серийно, стала разработанная им супер-оригинальная идея радионяни. Радионяня представляла собой



Рис.3. Радионяня

конструкцию, состоявшую из абстрактного изображения головы медсестры, в которую был вмонтирован динамик для родителей, и уха со встроенным в него микрофоном, записывающим звуки, доносящиеся из детской.

**Coffe table.** Этот журнальный столик, созданный Ногучи в 1944 году, является действительно легендарным произведением автора. Его дизайн и конструкция опередили развитие мебельного дизайна на десятилетия вперед. В наше время компания Vitra переиздает его в рамках лимитированной серии.

**Dinning table.** Дизайн данного обеденного стола также принес Ногучи мировую известность, он стал иконой мебельного дизайна XX века. Необычная скульптурная форма превратила Dining Table в объект, органично вписывающийся в любой интерьер. Его конструкция поистине гармонична:

воздушная база из стальных прутьев крепится на устойчивом чугунном основании. Бесконечность и загадочность Востока, непредсказуемость Запада, простота и элегантность - всё это нашло отражение в работе Ногучи.

**Freeform sofa.** Это также одно из культовых произведений мастера, в нем ярко отражается почерк Исаму Ногучи – слияние модернистских, традиционных и природных, элементов. В этой модели проявляется склонность Ногучи к скульптурным линиям, напоминающим форму речной гальки.

**Светильники ручной работы «Akari».** В 1951 году Исаму Ногучи создал дизайн двух первых



Рис.5. Akari

светильников Akari, ставших основой целой серии невесомых светящихся скульптур. В одном из путешествий по Японии, он посетил общину Гифу, известную своими бумажными зонтиками и фонариками. Под влиянием увиденного, дизайнер нарисовал эскизы первых моделей светильника Akari. Чтобы охарактеризовать свою работу, Исаму Ногучи выбрал слово «akari», которое с японского можно перевести как «свет» или «легкий». Дизайнер любил повторять, что свет Akari напоминает ему солнечные лучи. С 1952 года и по сей день светильники Akari производятся по традиционной технологии исключительно на заводе Ozeki в Японии. Исаму Ногучи разрабатывал коллекцию Akari много лет: всего им было создано более ста подвесных, настольных и напольных светильников диаметром от 24 до 290 см.

### Вывод

Универсальность дизайна Ногучи сложилась на стыке трех ментальностей и культур. Сочетание американской культурной эклектики, японской и китайской эстетики, в которые он был погружен с детства – это тот универсальный симбиоз, который присущ дизайну в целом. Чувство гармонии с природой позволило создавать ассоциативно сложные по знаковости, абстрагированные образы - квинтэссенцию скульптуры и дизайна

### Список использованных источников

1. Скульптор авангардист Исаму Ногучи [Электронный ресурс] [http://desgruppe.ru/8B/isamu\\_noguchi/](http://desgruppe.ru/8B/isamu_noguchi/). – (Дата обращения: 16.11.2017)
2. Американский скульптор авангардист Исаму Ногучи [Электронный ресурс] <http://kavrosblog.ru/amerikanskii-skulptor-avangardist-isamu-noguchi>. – (Дата обращения: 15.11.2017)
3. Знаменитые дизайнеры. Isamu Noguchi. [Электронный ресурс] <http://famous.totalarch.com/noguchi>. – (Дата обращения: 16.11.2017)

## НЕОБХОДИМОСТЬ УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИЗАЙНА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЗНЕННОЙ И КОММУНИКАТИВНОЙ СРЕДЫ ЧЕЛОВЕКА

Бугаева Е.А.  
Радченко В.Ю.

Томский политехнический университет  
kate.bugaeva96@yandex.ru

### Введение

Проектирование любого объекта предполагает учёт многих факторов, таких как эстетика, технические параметры, стандарты, стоимость, безопасность и т.д. Но зачастую, не учитывается такой параметр, как универсальность. В большинстве случаев дизайнер ориентируется на среднего пользователя. Не смотря на то, что в последнее время понятие универсальности в сфере дизайна набирает популярность, тем не менее существует проблема, проявляющаяся в недостаточно эффективном использовании предметов промышленного дизайна.

Целью данной работы является выявление необходимости универсального дизайна для формирования жизненной и коммуникативной среды человека, а также рассмотрение универсального дизайна на примере спортивного оборудования, анализ его универсальных параметров.

### Универсальный дизайн как способ формирования среды

Универсальный дизайн (иначе инклюзивный) - представляет собой проектирование продуктов и сред, отвечающих потребностям максимально широкого круга пользователей. Цель инклюзивного дизайна – учитывать разнообразие особенностей людей, чтобы создать для них равные условия и обеспечить их автономность.

Истоки возникновения инклюзивного дизайна можно отнести к XX веку, когда активно расширялись возможности науки, а также проявлялись последствия двух мировых войн. Постепенно проектирование стало все больше ориентироваться на особенности и нужды людей с ограничениями здоровья.

Выделяют семь основных принципов универсального дизайна:

1. Равенство в использовании. Объекты предназначены как для людей с ограниченными возможностями, так и без.
2. Гибкость в использовании. Учитываются возможности и предпочтения.
3. Простота и интуитивность в использовании, независимо от знаний, опыта.
4. Легкое восприятие информации. Оповещение пользователя, независимо от особенностей восприятия.
5. Допустимость в совершении ошибки. Снижение совершения ошибки до минимального уровня.
6. Минимальное физическое усилие.
7. Размер и пространство для использования.

Применение принципов универсального дизайна подразумевает то, что продукты и среда отвечают пользователям с максимально широким диапазоном характеристик: возраст, пол, инвалидность, временное нарушение здоровья и т.д.

Термин «инклюзивный дизайн» впервые ввели в оборот исследователи Кембриджского университета, которые разработали масштабную программу, содержащую подробную инструкцию по разработке объектов, учитывающих потребности максимально большого количества пользователей.

Центр инженерного проектирования Кембриджа разработал специальные объекты, позволяющие понять здоровому пользователю, как чувствует себя человек с отклонениями в здоровье. Например, перчатки, которые лишают пальцы привычной подвижности. Достаточно надеть перчатки на несколько часов, чтобы ощутить, насколько сложнее взаимодействовать с той же упаковкой людям пожилого возраста или больным артритом. А, например, чтобы лучше понять последствия потери зрения, можно примерить специальные очки.

Первой, кто проверил на практике кембриджские принципы инклюзивного дизайна, была компания Nestlé, которая усовершенствовала упаковку кофейного напитка Boost. Крышка упаковки была увеличена в размерах и выдавалась за границы горлышка, помимо этого, теперь она не откручивалась, а открывалась вверх, а форма бутылки стала более округлой.

Когда дизайнер максимально учитывает потребности потребителя, получают такие вещи, как например, консервная банка, открываемая усилием одной руки. Данный концепт создал дизайнер Ферран Лайара (Ferran Lajara). Разрабатываются упаковки с тактильными точками.

Отличным примером универсального дизайна является посуда ОХО, которая в 1990 году установила новые стандарты. С 1991 по 2002 год годовой рост продаж составил более 35%.

Дизайн составляет наше окружение. Он формирует коммуникативную среду. Усиление универсальности стиля, способствует созданию полнофункциональных пространственных систем, не зависимо от их назначения и масштаба.

Например, классная комната, спроектированная согласно стандартам универсального дизайна, может включать мебель с регулируемой высотой, что позволит адаптировать ее не только под нужды

разных категорий учащихся, но также изменять ее назначение. Оснащение дверей автоматическими сенсорами позволит без дополнительных усилий впускать как инвалидов, так и тех, у кого, например, заняты руки. Одна широкая рампа у входа превосходит в удобстве установленную рядом узкую лестницу с узким подъем для колясок.

Особое направление инклюзивного дизайна – веб-доступность. Данная концепция направлена на устранение возможных барьеров при использовании веб пространства. Существуют базовые рекомендации, позволяющие повысить доступность сайта. Учитывается цвет, сопроводительные комментарии и т.д. Внедряются специальные возможности для устройств и операционных систем, разрабатываются приложения, значительно облегчающие жизнь. Существуют такие функции, как прослушивание текста, распознавание речи, реагирование на движение головы и др.

Универсальный дизайн на примере спортивного оборудования. Развитие универсального дизайна способно повысить эффективность продукта наряду с материально-технической базой. Ярким примером является спортивное оборудование. Обеспечение принципов универсального дизайна, в конечном итоге, влияет на качество процесса физического воспитания.

Любые проектные решения, учитывающие потребности пользователя на ранних стадиях разработки, несут наименьшие риски. Прежде чем проектировать спортивное оборудование, необходимо выявить параметры, позволяющие сделать объект универсальным. Для этого нужно выделить основные элементы спортивного комплекса, определить их назначение и категории пользователей, изучить нормативные требования, и на основании этого выявить соответствующие параметры.

Тренажеры общего пользования можно разделить на три основных типа:

1. Шведские стенки в комплексе с турниками, брусьями, рукоходами, скамьями для пресса и спины.
2. Тренажеры для занятия с собственным весом.
3. Тренажеры с изменяемым весом нагрузки.

При проектировании элементов оборудования первого типа, одним из самых важных параметров является высота. Каждая высота предназначена для определенного роста. Кроме того, высота влияет на характер упражнения. Например, помимо классических брусьев (высота которых в среднем около 1.7 м) существуют брусья опорные (для подъема ног); для отжимания с незначительным расстоянием от уровня земли. Кроме высоты варьируется угол наклона. Например, для пожилых людей брусья для отжимания устанавливаются не параллельно земле, а с определенным уклоном, что значительно облегчает выполнение упражнения.

К тренажерам с собственным весом относится большое число тренажеров, направленных на проработку различных групп мышц («Жим к

груди», «Тяга», «Шаговый», «Твистер», «Лыжи», «Эллиптический», «Гиперестезия» и др.). Их механизм максимально простой, конструкция узлов вращения представляет собой подшипник. Тот факт, что нагрузка на каждого пользователя распределяется в соответствии с его весом, уже характеризует тренажер, как универсальный предмет. Занятие на многих тренажерах возможно осуществлять в парах, однако, один пользователь также с легкостью справится.

Тренажеры с изменяемым весом нагрузки включают в себя дополнительный груз (чаще всего в виде дисков), который пользователь сам устанавливает по своему усмотрению. Тренажеры данного типа менее универсальны, так как не все категории пользователей пользуются дополнительным весом.

Важным параметром универсальности является подбор материалов. Необходимо учитывать климатические условия. Корпус уличных тренажеров чаще всего изготавливаются из стали с порошковой окраской. Популярна полиэфирная краска, которая не покрывается льдом при сильных морозах, а при занятиях в летнее время руки не соскальзывают с турника.

Необходимо также учесть мобильность, простоту эксплуатации оборудования.

#### **Заключение**

Таким образом, можно прийти к выводу, что универсальный дизайн - необходимый фактор формирования жизненной среды человека. Благодаря данному направлению дизайна удается повысить эффективность использования продукта. Одним из наглядных примеров универсального дизайна является проектирование общедоступного спортивного оборудования, демонстрирующего необходимость применения параметров (на ранних стадиях проектирования), удовлетворяющих потребностям максимально широкого круга пользователей.

#### **Список использованных источников:**

1. Ткачев В. Архитектурный дизайн: Учебное пособие – М.: Архитектура – С, 2008
2. Родькин П. Инклюзивный дизайн и гибридные пространства, источник: [predesign.ru](http://predesign.ru)
3. Папанек В. Дизайн для реального мира: изд Д.Аронов, 2004. – 254.

## ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДИЗАЙН ОБОЛОЧКИ ПЛАЗМЕННОЙ УСТАНОВКИ

Сафьянникова В.И., Вехтер Е.В.

Научный руководитель – Вехтер Е.В., к.п.н. доцент кафедры ИГПД ТПУ  
Томский политехнический университет  
vis9@tpu.ru

### Введение

Актуальность исследования обусловлена тем, что анализ и подбор материалов всегда является важной составляющей разработки дизайна и конструкции промышленных установок. Для плазменной установки это необходимо выявить в соответствии с температурой реакции, газовой и пыльной средой работы.

Целью статьи является исследование свойств материалов и выбор оптимальных исходя из особенностей эксплуатации разных частей плазменной установки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: систематизировать и обобщить в таблицы материалы с их характеристиками; проанализировать таблицы в соответствии с требованиями к установке; обосновать выбор определенного материала.

### Основные результаты исследования

Установка, создающая плазму, имеют несколько частей конструкции, где часть из них должна выдерживать нагрев, обусловленный режимом работы установки, а другие обладать достаточной прочностью для того, чтобы выдержать всю конструкцию. Частями установки являются: основной корпус, реактор и емкости для газов и воздуха.

В связи с этим необходимо подойти к подбору материала корпусов с различных точек зрения,

учитывая температурные особенности, расположение силовых и информационных блоков, рабочего места.

Для создания корпуса для вмещения различных электрических частей может применяться обычная сталь, нержавеющая сталь или оцинкованная сталь, остальные виды металлов не распространены или не имеют значительных преимуществ по сравнению с затратами в данном виде конструкций. Для металлической части реактора также применяются данные виды сталей, поэтому анализ характеристик металла будет проводиться для двух частей установки.

Для корпуса лучше всего использовать низкоуглеродистую или среднеуглеродистую сталь, так как она обладает достаточной прочностью и хорошей свариваемостью. Сравнивая характеристики различных видов стали наилучшей можно считать легированную сталь марки 18ХГТ. Жаропрочная низколегированная сталь 12МХ обладает меньшей прочностью и в данном случае нет необходимости, так как температурный диапазон работы установки не будет превышать нормы по использованию обычной стали [1,2]. По ценовым и прочностным показателям самым достойным вариантом будет считаться сталь марки 45. В таблице 1 представлены характеристики сталей для корпуса.

Таблица 1. Характеристики сталей

Марки стали	Предельная прочность на разрыв, МПа	Предел текучести ( $\sigma_{0.2}$ ), МПа	Модуль упругости, МПа	Твердость	Цена за тонну, руб.
Сталь 08	370	175	$2.03 \cdot 10^5$	НВ $10^{-1} = 131$ МПа	26.000
Сталь 45	470	245	$2 \cdot 10^5$	НВ $10^{-1} = 170$ МПа	26.000
Сталь Ст0	460	-	-	НВ $10^{-1} = 103-107$ МПа	26.000
Сталь 18ХГТ (легированная)	640	360	$2.11 \cdot 10^5$	НВ $10^{-1} = 217$ МПа	40 000
Сталь 12МХ (жаропрочная низколегированная)	440	235	$2.12 \cdot 10^5$	НВ $10^{-1} = 156$ МПа	70 000

Для части реактора, предназначенной для обзора персоналом, также необходимо выбрать стекло для наблюдения за реакцией и контроля температуры. Стекло должно быть устойчивым к повышению давления и температуры, также обладать стойкостью к возникающим газам и примесям. Для примера были выбраны наиболее

известные виды стекла, которые применяются в данном виде промышленности.

Наиболее надежным и прочным является кварцевое стекло с содержанием 96% силиката, однако он обладает высокой стоимостью. Самым распространенным стеклом при создании физических и химических реакторов является боросиликатное. Оно обладает достаточной



термостойкостью и механическими характеристиками, поэтому может использоваться при химически-активной среде [2,3]. В таблице 2 представлены характеристики стекла для реактора. В таблице 3 представлены материалы и их характеристики для емкостей для газа и воздуха [2,3,4].

Таблица 2. Характеристики стекла

Типы стекла	Термическое расширение ( $10^{-7}$ см/см/°C)		Верхний предел рабочей темп. для отожженного стекла (для механических свойств)		Верхний предел рабочей темп. для закаленного стекла (для механических свойств)		Термостойкость, °C	Цена на лист 1600x1200 мм, толщ. 3мм, руб.
	0-300 °C	25 °C, до темп. застывания	Норм. эксплуатация, °C	Экстрем. эксплуатация, °C	Норм. эксплуатация, °C	Экстрем. эксплуатация, °C		
Силикатное	93,5	105	110	460	220	250	16	800
Боро-силикатное	55	53	200	460			33	7000
96% Силиката	7,5	5,52	900	1200			220	500 (диаметр 90мм)

Таблица 3. Материалы для емкостей для газа и воздуха и их характеристики

Типы материалов	Плотность (кг/м3)	Модуль упругости при растяжении, МПа	Предел прочности на растяжение, МПа	Стойкость к воздействию химически агрессивных сред, солевых растворов	Цена руб. за 1 кг.
Алюминиевые сплавы	2640-2800	6900	70-130	Подвержен электрохимической коррозии. Специальные меры по защите.	160
Полипропилен	920	1700	32	Стоек	100
Органическое стекло	1190	3200	70	Стоек	150
SBS пластик	1050	1586	43	Стоек	800
Стеклопластик	1800-1900	вдоль волокон - 1720 поперек волокон - 5500	вдоль волокон - 226,9 поперек волокон - 51,6	Стоек	50
Сталь	7800	$2 \cdot 10^5$	830	Не стоек. Мероприятия по защите от коррозии.	26

По итогам анализа оптимальными материалами могут стать оргстекло или стеклопластик, в данном случае окончательный выбор будет производиться в соответствии с разработанной дизайн-концепцией и идеей самой разработки.

#### Заключение

На основании проведенного анализа были проанализированы и выбраны материалы для дальнейшего использования в конструировании и разработке дизайна установки по переработке полимеров. Выбранные материалы учитывают особенности конструкции и условия эксплуатации разных частей плазменной установки.

#### Список использованных источников

1. Вшивков А.С., Бочкарева Т.М., «Применение композитных материалов в технологии

устройства буронабивных свай в обсадных трубах», Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 2. – С. 69–75.

2. Болдырев А. В.. Оптимизация распределения материала в комбинированных авиационных конструкциях: Дис. канд. техн. наук: 05.07.02: Самара, 2005. 157 с.
3. Виды и свойства стекла [Электронный ресурс], ДИА-М, URL: <https://www.dia-m.ru/page.php?pageid=33699>
4. Свойства полипропилена - Журнал «Полимерные материалы» [Электронный ресурс], URL: <http://www.polymerbranch.com/catalogp/view/3.html&viewinfo=2>

## РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ (НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПТА ОБОЛОЧКИ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА КОЛЛЕКТИВОМ АВТОРОВ)

Т.Д. Казакова, В.А. Серяков  
Томский политехнический университет  
k.t.d2@mail.ru

**Введение.** Современное дизайн-проектирование, как и все сферы деятельности человека, характеризуется активным применением информационных технологий, которые расширяют возможности дизайнера на всех этапах подготовки и выполнения дизайн-проекта. Информационные технологии не только позволяют визуализировать разрабатываемый дизайн-объект на итоговом этапе проектирования (визуальное проектирование, трехмерное моделирование, анимационные проекты [1]), но и могут использоваться в качестве средства получения, обработки и передачи информации [2].

Целью настоящей публикации является рассмотрение роли информационных технологий в оптимизации творческой деятельности дизайнера на разных ее этапах.

**Этапы дизайн-проектирования.** Дизайн-проектирование любого объекта состоит из предпроектного и проектного этапов [3].

На *предпроектном* этапе осуществляется сбор и обобщение сведений, связанных с проектной задачей; изучаются возможные способы ее решения; рассматриваются достоинства и недостатки имеющихся способов решения поставленной проблемы; разрабатываются собственные принципы проектирования объекта. В результате анализа проектной задачи дизайнер определяет характеристики объекта своего проектирования, на основе собранной информации выбирает функциональные свойства планируемого дизайн-объекта. Важным этапом предпроектной деятельности является выявление потенциального потребителя дизайн-продукта: дизайнеру необходимо иметь представление о таких характеристиках потребителей, как возраст, социальная принадлежность, визуальные предпочтения, модель поведения в ситуации, связанной с проектной задачей, и т.п. После анализа проектной ситуации и потенциальных потребителей дизайнер выбирает приемы и методы, которые позволят ему решить поставленную задачу новым способом. Затем с применением выбранных методов разрабатывается дизайн-концепция – основная образная идея будущего дизайн-проекта, его идейно-тематическая основа.

На втором этапе – *проектном* – создается функциональная схема проектируемого объекта с учетом предъявляемых к нему требований; вырабатываются композиционно-пластические решения (этап эскизирования, макетирования). Далее, осуществив анализ возникших идей,

дизайнер выбирает оптимальный вариант решения задачи проектирования и представляет проект заказчику (клиенту).

Рассмотрим, какие элементы современных информационных технологий могут помочь дизайнеру в процессе реализации задач на перечисленных этапах. В качестве примера приведем опыт работы коллектива дизайнеров (группа магистрантов ТПУ) над разработкой концепта оболочки оборудования, предназначенного для использования широким потребителем: нейростимулятора и шлема виртуальной реальности.

**Разработка концепта оболочки нейроинтерфейса с применением информационных технологий.** Спецификой коллективного труда является необходимость постоянного обмена собранной информацией, собственными наработками, критическими мнениями о чужих идеях. Данную задачу позволяют решить облачные технологии, предоставляющие третьим лицам доступ к хранимой на веб-сервере информации и обеспечивающие возможность ее редактирования разными людьми – участниками группы [4]. В данном исследовании использовались ресурсы файлового хостинга Google-диск: вся информация фиксировалась и корректировалась участниками проекта на доске Moodboard (рис. 1).



Рис. 1. Пример наполнения Moodboard при разработке концепта оболочки нейроинтерфейса

Moodboard позволяет структурированно представлять визуальную и текстовую информацию, что имеет большое значение для творческой деятельности дизайнера.

На первом этапе работы проектной группы над созданием концепта оболочки нейроинтерфейса был проведен анализ проектной ситуации (сегментация рынка). Для этих целей могут использоваться поисковые системы Yandex, Rambler, Google и т.п. С помощью анализа интернет-ресурсов были выявлены имеющиеся на рынке предложения в области нейроинтерфейса, определены потенциальные конкуренты, выделены

для дальнейшего изучения наиболее удачные разработки, представленные на рынке. Удобным средством статистической обработки результатов поисковой деятельности является программа Microsoft Excel, позволяющая создавать редактируемые электронные таблицы, в которых изменение показателя одной ячейки приводит к автоматическому пересчету всех показателей в связанных с ней ячейках. Результаты подсчетов могут быть представлены в виде диаграмм (круговых, кольцевых, линейчатых, точечных и т.д.). В качестве примера на рис. 2 дана круговая диаграмма результатов анализа рынка нейростимуляторов.



Рис. 2. Диаграмма обработки результатов сегментации рынка

Следующей задачей, стоящей перед дизайнером, является определение конечного потребителя. В данном случае можно использовать сайты компаний-производителей и интернет-магазинов: анализ представленных на веб-сайтах отзывов клиентов и покупателей позволит провести изучение целевой аудитории – выявить ее половозрастные характеристики, социальный статус потенциальных потребителей продукта и их предпочтения относительно приобретаемых товаров. Результаты анализа представлены в диаграмме (рис. 3).



Рис. 3. Диаграмма обработки результатов анализа целевой аудитории

Другим вариантом обращения к целевой аудитории является анкетирование. Удобным, ресурсоэффективным, современным средством для организации анкетирования выступают различные интернет-сервисы для проведения онлайн-опросов. В данном исследовании использовался сервис Google Forms, позволяющий не только бесплатно провести опрос, охватив за любой период времени неограниченное количество пользователей, но и быстро обработать результаты анкетирования: получить в виде диаграммы обобщенные сводки ответов по различным параметрам.

В данном исследовании был проведен опрос,

направленный на выявление ожидаемого эффекта от приобретения продукции из линейки нейроинтерфейсов. Также в задачи анкетирования входило определение наиболее удачного варианта из предложенных коллективом авторов концептов в области нейроинтерфейсов. В анкете представлено 6 вариантов нейростимуляторов (нейроинтерфейсов). Анкетируемым предложено оценить данные варианты по шестибальной шкале по следующим параметрам: общий вид дизайн-объекта, цветовое решение, форма, функциональное решение, эргономика. Также анкетируемые могли отметить, какой из представленных концептов они были бы готовы приобрести для личного пользования и какова, с их точки зрения, приемлемая цена для данного прибора.

На этапе визуального поиска воплощения дизайн-концепции дизайнер может воспользоваться такими техническими средствами визуализации, как Adobe Illustrator, Adobe ImageReady, Adobe Photoshop, CorelDRAW (векторные графические редакторы для создания двумерной графики) и Autodesk Alias Studio, 3ds Max, Solid Works и т.д. (программы для 3d-моделирования). Данные программы активно применяются во всех направлениях современного дизайна.

**Заключение.** Итак, информационные технологии позволяют сделать работу дизайнера более комфортной и быстрой, оставляя разработчику время и силы на творческий поиск, полностью заменить который компьютерные программы в настоящее время не способны. Информационные технологии важны не только на этапе визуализации итогового варианта дизайн-концепции, но и на всех предшествующих этапах.

#### Список использованных источников

1. Анатолиди П.А. Роль информационных технологий в графическом дизайне // Молодая наука: сб. науч. тр. науч.-практ. конф. для студентов и молодых ученых. – Симферополь: Издательство Типография «Ариал», 2016. – С. 12–13.
2. Подлесная О.В., Трегуб Н.Е. Элементы информационных технологий как средства дизайна в интерьерах промышленных предприятий // Construction technologies and architectural aesthetics of the information society: Materials digest of the XLIX International Research and Practice Conference. – London, 2013. – С. 19–21.
3. Овчинникова Р.Ю. Дизайн-проектирование: теоретические основания и специфика // Омский научный вестник. – 2012. – № 1 (105). – С. 267–270.
4. Лященко Ю.В., Багаева А.П. Преимущества и недостатки облачных технологий // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2014. – Т. 1. – № 10. – С. 380–381.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕКОРАТИВНОГО ЭФФЕКТА В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СТЕКЛА, ВЫПОЛНЕННЫХ В ТЕХНОЛОГИИ ФЬЮЗИНГ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДИЗАЙНОПРИГОДНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ

Л.Е. Куценко

Томский политехнический университет, аспирантка кафедры ТМСР

Научный руководитель: Кухта М.С., профессор кафедры ТМСР

l.e.kutsenko@gmail.com

### Введение

В нашем современном мире значительно вырос интерес к использованию художественного стекла в дизайне. За последнее время особое развитие получили технологии тепловой обработки стекла (при температурах 550°C - 850°C), поскольку они позволяют создавать высокохудожественные изделия. Наиболее востребованной является технология изготовления художественных изделий спеканием (фьюзингом), при которой на цельном листе стекла составляют изображение из стеклянных деталей, крошки и других форм. Однако отработка режимов спекания производится экспериментальным путем, что увеличивает затраты материалов и времени. Возникают проблемы плохого качества изделий, поскольку при спекании ввиду разнородных по форме и тепловому расширению элементов, возникают значительные остаточные напряжения, которые зачастую приводят к разрушению изделия. В литературе отсутствуют научные рекомендации по влиянию режимов обработки и других факторов на эстетические свойства изделий (изменение степени оплавления кромок, толщины деталей, четкости границ цветowych пятен, деформации формы деталей и т.д.), не рассмотрено определение величины остаточных напряжений при спекании стекол различного цвета и прозрачности. Отмеченное обуславливает актуальность проведения исследования спекания листового стекла.

### Актуальность

Актуальность работы заключается в разработке рекомендаций по улучшению эстетических и эксплуатационных свойств художественных изделий, которые влияют на дизайнопригодность изделия, получаемых спеканием.

Научные исследования, связанные как с технологиями получения, так и с изучением свойств, обеспечивающих их дизайнопригодность, являются чрезвычайно важными и актуальными.

С помощью экспериментальных исследований были определены критерии оценки результатов обеспечивающие дизайнопригодность стекла, влияющие на эстетическое и визуальное восприятие: качество поверхности, декоративный эффект, высота рельефа, прозрачность, фактура, цвет, форма, отсутствие дефектов и др.

### Сравнительная характеристика свойств изделий из стекла

Исследование перечисленных зависит в первую очередь от процесса формообразования изделий при спекании, влияние на формообразование температурно-временного режима, формы в плане, толщины, отношения площадей, толщин, цвета спекаемых пластин и материала плиты.

Формование изделий спеканием показано на рис. 1. Видно, что точечное спекание деталей происходит приблизительно при 700°C. При повышении температуры нагрева до 740°C поверхность спекания увеличивается, а острые кромки оплавляются и под действием сил поверхностного натяжения скругляются. При этом размеры в плане верхней пластины увеличиваются.

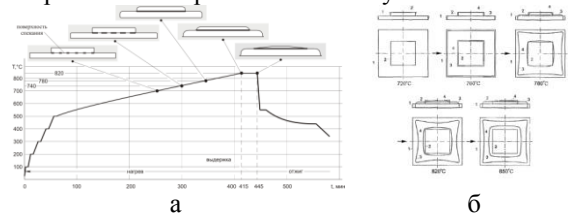


Рис. 1 Формообразование при изменении температуры: а) вид сбоку; б) в плане

В качестве объектов исследования в работе выбраны художественные изделия, изготовленные в мастерской художественного стекла «Грани», выполненные из стекла в технологии фьюзинг. Изделия одинаковые по своему составу, выполненные при разных режимах спекания с использованием различных видов стекла, отличаются по цвету, форме, площади поверхности деталей изделия и количеству слоев в изделии.

Изготовление художественных изделий из стекла методом спекания позволяет получать разнообразные декоративные эффекты.

Готовое изделие представляет прочное соединение нескольких слоев цветного стекла, получено путем частичного впаивания одного стекла в другое при различных температурных режимах (от 700 °C до 850 °C), в зависимости от художественного эффекта, который необходимо получить, с сохранением своей конфигурации. Для получения объемного изображения выбирается стекло как с прозрачной поверхностью, так и с гладкой непрозрачной поверхностью, при этом основным средством художественного выражения служат локальные цветочные пятна стекол.

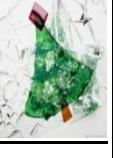
По температурным режимам спекания изделий можно выделить три группы: низкая, высокая, смешанные режимы в несколько этапов спекания.



Были проведены серии экспериментов, в которых варьировались условия: температурные режимы спекания, изделия различные по своей форме и количеству слоев, цвета, различные детали, различающиеся по форме, позволившие добиваться получения различных декоративных эффектов.

Таблица 1. Свойства изделий

	Температура спекания 780 °С и 750 °С; 4 слоя стекла; декоративный эффект: высокая прозрачность и чистота света на просвет, детализовка рисунка; рельеф: сильно выраженный, высокий; форма: обтекаемые формы, высокая детализация; цвет: высокая контрастность, сочетание теплых и холодных оттенков; дефект: трещины подложки при повторном спекании; причина дефекта: на втором этапе спекания создалось сильное напряжение.
	Температура спекания 790 °С и 850 °С; 3 слоя стекла; декоративный эффект: высокая прозрачность, абстрактный рисунок, смешанные технологии при спекании; рельеф: выраженный, средний; форма: острые формы и грани, совмещены и обтекаемыми деталями в виде капель; цвет: контрастный, теплые тона, зернистость; дефект: помутнение элемента при повторном спекании; причина дефекта: на втором этапе спекания создалось сильное напряжение.
	Температура спекания 840°С - основное изделие 780°С -детали; 3 слоя стекла; декоративный эффект: округлость, гладкость и текучесть основной формы, совмещено с рельефностью и прозрачностью отдельных элементов; рельеф: выраженный на отдельных секторах, средний; форма: обтекаемая, с рельефом; цвет: слабая контрастность, теплые оттенки; дефект: нет.
	Температура спекания 830 °С; слои стекла 2; декоративный эффект: гладкость, чистота цвета на просвет; рельеф: гладкий, низкий; форма: легкая обтекаемость острых углов основной формы, геометрический рисунок; цвет: слабая контрастность, цвет сформирован за счет отдельных пузырьков; дефект: сильно выраженный пузырь; причина возникновения дефекта: излишне большой рельеф нанесенной краски.

	Температура спекания 770 °С; 2 слоя стекла; декоративный эффект: чистота цвета на просвет, детализовка рисунка, сильный рельеф создает эффект колючек; рельеф: очень сильно выраженный, средний; форма: зернистость рельефа, контрастные детали; дефект: нет.
---	---

#### Заключение

Метод, сочетающий спекание стекол различного цвета и свойств при различных температурных режимах позволяет получить разнообразные декоративные эффекты по распространению цвета, по толщине изделия, его фактуре и качеству поверхности. Таким образом, в настоящее время существует различная техника выполнения художественных изделий из стекла, различающиеся по процессу формообразования изделия и соединяющих различные сочетания свойств стекла, влияющие на визуальное и эстетическое восприятие. Среди них можно выделить три основных группы. К первой относятся изделия из листового стекла, спекание которых выполнялось на низкой температуре, ко второй – спекание на высокой температуре и третья группа объединяет комбинированные техники спекания в несколько этапов на разных режимах.

Выявлены виды дефектов, образующиеся при спекании: трещины, помутнение лицевой стороны, крупные пузырьки воздуха, оставшегося под изделием. На основе результатов исследования выявлены причины возникновения данных дефектов.

В результате проведенных экспериментов удалось выявить и разделить условия, при которых могут быть получены образцы, пригодные для создания изделий с высокой дизайнопригодностью.

#### Список использованных источников

1. Кухта М.С. Пустозерова О.Л. Влияние дизайна ювелирного украшения в этно-стиле на выбор материалов и технологий. // Дизайн. Теория и практика. – 2013, Вып. 12 – С. 1 – 8
2. Кухта М.С., Соколов А.П. Особенности создания и восприятия объектов арт-дизайна // Дизайн. Теория и практика. – 2013, Вып. 13 – С. 82 – 89
3. Сурнина, Н.А. Формоизменение стекла при фьюзинге // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции «Технология художественной и промышленной обработки материалов».
4. Соколов А. П. , Кухта М. С. , Сорока А. А. Традиционные и современные технологии изготовления художественного стекла // Известия вузов. Физика. - 2014 - Т. 57 - №. 9/3. - С. 235-240.

## ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЦВЕТА НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА МНЕМΟΣХЕМЫ САМОХОДНОГО ВАГОНА

Минчук А.М., Дё Ю.С., Давыдова Е.М.  
Томский политехнический университет  
[Doksa\\_2008@mail.ru](mailto:Doksa_2008@mail.ru)

### Введение

В современном мире человеку приходится очень многим управлять, контролировать различные процессы и взаимодействовать со сложными системами и оборудованием. Нередко можно услышать или прочесть выражения: «интуитивно понятный интерфейс», «сложный интерфейс» и т.д. Следует разобраться в значении этого слова.

Слово «интерфейс» заимствовано из английского языка, где буквально означает «**между лицами**», т.е. используется в значениях: взаимодействие, разделение, кантат. Интерфейс представляет собой комплекс физических и логических форм взаимодействия отдельных компонентов технических средств, входящих в состав операционной системы. Другими словами, это совокупность определенных алгоритмов и соглашений по обмену информацией между компонентами (логический тип интерфейса), а также объединение механических, физических и функциональных характеристик, с помощью которых взаимодействие реализуется (физический тип интерфейса) [1]. При проектировании интерфейса огромную роль играет цветовое решение. Цветом можно привлечь внимание, выделить или наоборот, увести на второй план.

Цель работы раскрыть тему особенностей восприятия цвета на примере проектирования пользовательского интерфейса для использования в шахтах. Задачами работы являются: анализ пользовательского интерфейса основной мнемосхемы системы управления вагоном, выявление ряда особенностей восприятия промышленного интерфейса.

### Основные теоретические аспекты

Промышленный интерфейс имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при проектировании. В данном проекте были отражены следующие элементы управления и контролируемые элементы: скорость, сеть, маслобак, тормозная система, тангаж, крен, дата, педаль SQ1, ход вперед, педаль SQ2, ход назад и др.

Элементы разработаны с учетом технического задания заказчика. Особенности промышленного интерфейса являются повышенные требования к необходимости интерфейса обеспечить взаимодействие. Так как промышленное оборудование находится на большой глубине под землей и прямой контакт отсутствует, пользователь должен иметь четкое

понимание происходящей ситуации и возможность быстрого взаимодействия посредством интерфейса с оборудованием.

Также промышленный интерфейс обязан быть ясным. Пользователь должен понимать к чему приведет то или иное действие. С промышленным интерфейсом бывает сложно разобраться с первого взгляда, но в нем не должно быть никакой двусмысленности. Оператору необходимо все контролировать, в случае неисправности ему нужно незамедлительно отреагировать на ситуацию, поэтому необходимо все время сообщать о состоянии системы.

Промышленный интерфейс более обычного пользовательского нуждается в грамотной организации. С помощью правильной организации блоков, элементов управления и различных диагностических систем, можно значительно снизить когнитивную нагрузку пользователя [3].

Необходимо обеспечить исключение перцептивной перегрузки. Пользователь не должен быть перегружен слишком большим количеством информации, представляемой одновременно с помощью одной или нескольких форм представления информации.

Также огромное значение имеет цвет. С его помощью можно продемонстрировать существующую ситуацию, оповестить о поломке или чрезвычайных обстоятельствах. Помимо специфических требований к промышленному интерфейсу, заказчиком были поставлены условия – эргономично и красиво оживить интерфейс (Рисунок 1).

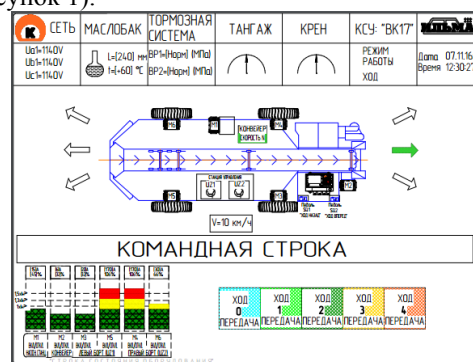


Рис. 1. Интерфейс основной мнемосхемы системы управления вагоном до обращения к услугам дизайнера

### Аналитическая деятельность

На основании особенностей проектирования промышленного интерфейса можно проанализировать выполненное решение.

Анализируемый интерфейс имеет черный цвет экрана, что значительно облегчает восприятие информации в темном помещении или под землей, как в нашем случае (Рисунок 2).

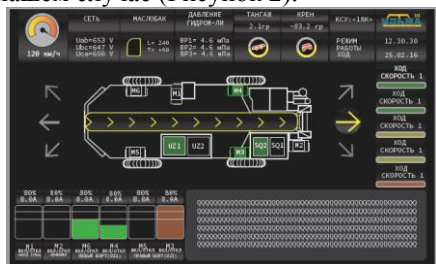


Рис. 2. Черный цвет экрана интерфейса

Если же работать приходилось бы в офисном помещении, то цвет экрана был бы светлый, что снимало бы лишнюю нагрузку с зрения оператора. Шрифтовое решение было выбрано с учетом того, что оператору нужно быстро считывать необходимую информацию, поэтому шрифт читабельный, максимально простой, гротесковый «SourceCodePro-SemiboldIt». Выбор цветового шрифтового решения обусловлен таким эффектом, как иррадиация, восприятие светлого шрифта на темном фоне [4]. Белое на черном кажется больше, чем черное на белом, это позволяет использовать узкий, вытянутый шрифт «SourceCodePro-SemiboldIt» (Рисунок 3).

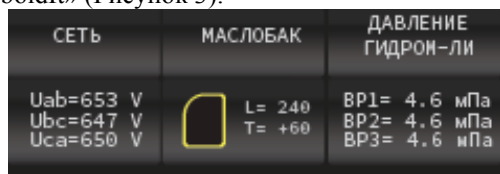


Рис. 3. Шрифтовое решение на примере параметров мнемосхемы системы управления вагоном

Размещение блоков обусловлено небольшим размером панели экрана. Цвет используется максимально эффективно. В условиях нашей культуры и нашего исторического контекста, зеленый цвет в интерфейсе вызывает следующие ассоциации: рост, стабильность, вперед. Красный же, наоборот: стоп, авария, неисправность. Желтый промежуточный цвет, чаще ассоциируется с тем, что оборудование выходит из-под контроля, но не критично [2]. Очень информативно выглядит цветовая растяжка от зеленого к красному (Рисунок 4).

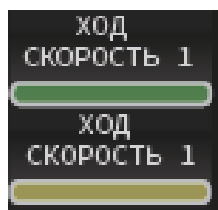


Рис.4. Цветовая растяжка от зеленого к красному на примере скоростей хода вагона

Легко воспринимается за счет цветового решения градация шкал скорости и уровень наполненности маслобака. Когда бак опустошается, уровень области залитой зеленым

цветом опускается, когда топливо совсем не остается иконка становится желтой и «пустой» (Рисунок 5).

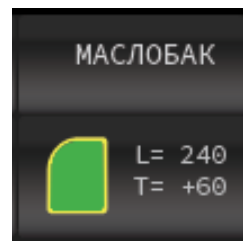


Рис.5. Цветовое решение для иконки маслобака

С помощью цветового решения серый-зеленый оператор считывает информацию о включённых и выключенных моторах и двигателях. В интерфейсе представлено выделение поворота, направление движения колес относительно поворота, что довольно быстро дает понять оператору о будущем местоположении вагона. Особой информативностью обладает анимация, например, анимация скорости движения конвейера, три комбинации стрелок информируют о трех различных скоростях (Рисунок 6).

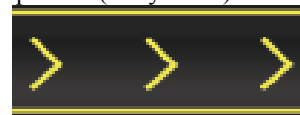


Рис.6. Информация о скорости движения конвейера

Анимированные иконки крен и тангаж дают ясное представление о положении вагона.

#### Заключение

Создание промышленного интерфейса очень сложный процесс, требующий глубокого изучения и анализа особенностей человеческого восприятия. Данная работа выполнена с учетом необходимых факторов и требований заказчика, анализируемый интерфейс разработан Де Ю.С. (кафедра ИГПД, ТПУ) Проект действующий и реализован фирмой «Ильма».

#### Список использованных источников

1. Методы и средства разработки пользовательского интерфейса; современное состояние, Клещев А.С., Грибова В.В., 2001.
2. Визуальный дизайн интерфейсов. Цвет [Электронный ресурс] – [http://aboutface.gui.ru/ch\\_14.pdf](http://aboutface.gui.ru/ch_14.pdf) [11.06.2017].
3. ГОСТ Р ИСО 14915-1-2010 Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 1. Принципы проектирования и структура- официальное издание М.: Стандартинформ, 2011.
4. Рок И. Введение в зрительное восприятие. Книга первая. М., «Педагогика», 1980

## **Секция 5. Информационные технологии в гуманитарных и медицинских исследованиях**



## РАСПОЗНАВАНИЕ ЖЕСТОВ РУК ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ СУРДОПЕРЕВОДА

Видман В.В., Видман А.Я, Саклаков В.М

к.т.н., доцент С.В.Аксенов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
vitalii\_vidman@mail.ru

### Введение

Для того, чтобы люди с проблемами слуха могли общаться со здоровыми людьми необходимо приложение, которое сможет не только переводить текст или речь на язык жестов, но и жесты интерпретировать в текст. Данная проблема в настоящее время еще не решена. На данный момент нет ни одного приложения, которое смогло бы осуществлять двусторонний сурдоперевод.

В данной статье будут рассмотрены программно-аппаратные средства, которые могут быть применены, а также будет приведена их сравнительная характеристика.

### Основная часть

В данный момент разработан прототип приложения для сурдоперевода. В данном приложении имеется три раздела: алфавит – для изучения дактильной азбуки, словарь – для изучения русских жестов сурдоязыка и переводчик – раздел, в котором можно перевести текст или речь на язык жестов. В настоящее время словарь включает в себя более 200 слов, и в течении года их количество планируется увеличить до 800. Если во время перевода данные слова не находятся в базе, то они переводятся с помощью дактильной азбуки. Все воспроизведенные анимации сопровождаются артикуляцией, цель которой увеличение понятности жестов.

Для ввода функции перевода жестов в текст или речь необходимо наличие в приложении специализированной камеры и функционала, которой сможет интерпретировать жесты как определенные слова.

В качестве камеры для распознавания жестов в приложении рассматривались камеры от трех производителей: RealSense от Intel, Kinect от Microsoft, а также Leap Motion от OcuSpec.

Камера Kinect содержит:

- Камера видимого диапазона — обычная RGB-камера: 640×480 и 30 кадров в секунду.
- Инфракрасный лазерный проектор, который создает в пространстве сетку из точек.
- Камера, снимающая в инфракрасном спектре.
- Стерео микрофон с продвинутой системой шумоподавления — для правильного голосового управления.
- Мотор, регулирующий положение датчика.

– Чип PrimeSensor — производит основную работу, обрабатывая изображение с ИК-камеры, отправляет на выход — 3D-картинку.

Камеры Kinect позволяют распознавать жесты на расстоянии до 4,5 метров, но они не направлены на детальное распознавание пальцев кистей [1].

Минус камеры Kinect в том, что она больше направлен на игровую индустрию. А новые камеры Kinect 2 разрабатываются только для Xbox One.

Еще одним представителем технологий компьютерного зрения является технология Leap Motion. Технология Leap Motion основана на захвате (сканировании) движений пальцев и кистей рук с последующей оцифровкой, что позволяет перемещать курсор одним взмахом руки в воздухе и запускать программу или открывать нужное окно, просто ткнув пальцем в пустоту.

Программно-аппаратный комплекс Leap Motion распознаёт запястье, ладонь и пальцы двух рук отдельно, поэтому действие может быть абсолютно любым, начиная с нажатия клавиш на виртуальной клавиатуре и заканчивая имитацией стрельбы из виртуальной винтовки или сборкой какой-нибудь модели из виртуального конструктора [2]. Но поскольку руки оно может распознавать лишь по отдельности, то данное решение не подходит для использования в разрабатываемом приложении.

Компания Intel выпустила несколько камер использующих технологию RealSense. Все камеры используются для того, чтобы распознавать объекты, но у них имеются немного разные уклоны. Так, к примеру, ZR300 используется для сканирования помещений и создания их трехмерной модели. А камера F200 для создания 3D моделей человека. Рассмотрев все предложенные камеры от Intel на данный момент, выбор был остановлен на SR300, так как специализация этой камеры наиболее точно подходила для разрабатываемого приложения. Данная камера способна распознавать две кисти включая 10 пальцев.

Камера может сделать точный скелет полной руки, сегментирующий руку от фона и не требующий никакой калибровки. Скелет отслеживает позицию и ориентацию 22 соединений в руке (рис. 1).

Приложения имеют доступ к этой 3D модели, которая может надежно обработать недостающую информацию, такую как пальцы, находящиеся вне поля зрения [3].

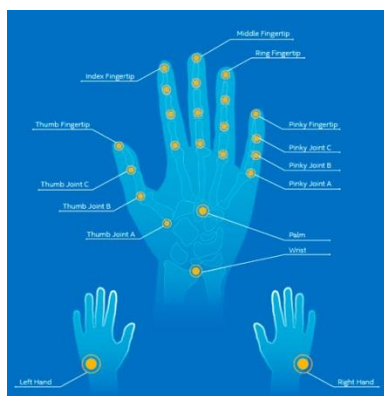


Рис. 1. Распознаваемые камерой точки рук

При создании систем по распознаванию жестов, рук, образов используются методы, в которых вычисляется площадь изображения и далее она сравнивается с имеющимися образцами. Данные методы применяются при создании приложений, где не используется большое количество жестов, возможно, это 10-20 различных жестов. Большой проблемой является то, что количество жестов в жестовом языке велико, и все они имеют разные значения. В языке жестов тактильная азбука представляет собой статические жесты, но со словами дело обстоит по-другому. Большинство слов являются динамическими, поэтому для распознавания необходимо запоминать изменение положения костей. Еще одной проблемой является то, что каждый человек индивидуален, и показываемый жест может отличаться от внесенного в словарь распознаваемых жестов. Для решения данной проблемы необходимо учитывать погрешность в движении. В этом случае из-за допущения определенного уровня погрешностей жест может быть похож сразу на несколько других жестов. Также необходимо будет учитывать скорость показа жестов, это может существенно влиять на результат.

#### Заключение

Данный этап разработки является переходным этапом. Поскольку подключение специальной камеры возможно только к компьютеру, разработка ведется на данный тип устройств. Главной целью является разработка технологии, с помощью которой будет возможно распознавание моторики человеческих движений, количество которых достаточно большое и многие из них похожи друг на друга.

После изучения трех камер от разных производителей была составлена сравнительная характеристика (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение устройств

Устройство	Kinect 1.0	Leap Motion	RealSense SR300
Фокусное расстояние	0.5-4.5	0.07-0.6	0.2-1.5
Горизонтальный угол обзора	57	140	59
Вертикальный угол обзора	43	140	46
микрофон	есть	нету	Есть
Разрешение картинки	640*480	-	1920-1080
Распознавание одновременно двух кистей полностью	нет	нет	да

По таблице приведенной выше можно сделать вывод, что для реализации поставленной цели, а именно создание функционала для сурдоперевода, подходит только камер RealSense. Создав данный функционал, появится возможность использования его в дальнейшем в мобильных приложениях. Уже сейчас имеется мобильное устройство от Intel, но его приобретение пока не доступно (рис. 2). В настоящее время технологии компьютерного зрения получают большую популярность, и готовые мобильные решения появятся на рынке в скором времени.

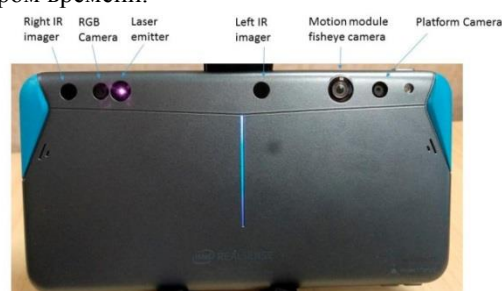


Рис. 2. Мобильное устройство, использующее камеру Intel Realsense ZR300

#### Список использованных источников

1. Kinect: разбираемся с новым девайсом и учимся писать для него приложения - «Хакер» [Электронный ресурс]. – URL: <https://xakep.ru/2011/09/21/56900/> (дата обращения 05.09.2017).
2. Обзор контроллера Leap Motion: пассы руками / Периферия [Электронный ресурс]. – URL: <https://3dnews.ru/908660> (дата обращения 15.09.2017).
3. Возможности распознавания камеры Intel® RealSense™ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/support/emerging-technologies/000006099.html> (дата обращения 28.07.2017)

## ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ КОНТЕНТА ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ НА САЙТАХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

С.Р. Войтенко, И.П. Степанова  
Томский политехнический университет  
[srv1@tpu.ru](mailto:srv1@tpu.ru)

### Введение

В современном мире очень популярна и необходима сеть Интернет для каждого человека. Следовательно, она также должна быть доступна для каждого, в том числе для незрячих и слабовидящих. Но на всех ли сайтах, а особенно на сайтах государственных учреждений контент доступен и понятен слабовидящему?

К сожалению, не существует закона, который регулировал бы данную сферу. Однако, существуют ГОСТы и международные стандарты, которые позволяют делать информацию доступной каждому человеку.

Данная статья является исследованием доступности контента для слабовидящих на сайтах областных библиотек Томской области. То есть, целью данного исследования было проанализировать: доступен ли сайт для людей с ограниченными возможностями.

### ГОСТы и стандарты

Оценка контента и его доступности для инвалидов по зрению может осуществляться на основе ГОСТа 52872-2007 «Интернет-ресурсы. Требования доступности для инвалидов по зрению» и международного стандарта «Web Content Accessibility Guidelines» (WCAG2.0).

Руководство по обеспечению доступности веб-контента (WCAG 2.0) дает рекомендации, как сделать веб-контент более доступным для широкого круга пользователей с ограниченными возможностями, включая инвалидов по зрению, слуху, опорно-двигательной системы, а также лиц с нарушениями функций речи, ментальной сферы и с неврологическими нарушениями. [1]

Для удовлетворения потребностей различных групп пользователей в различных ситуациях Руководство определяет три уровня соответствия: А (низший), AA (средний) и AAA (наивысший).

Для каждого из этих уровней существует 4 принципа [1]:

**Принцип 1.** Воспринимаемость: информация и компоненты пользовательского интерфейса должны быть представлены только в том виде, который могут воспринимать пользователи.

**Принцип 2.** Управляемость: компоненты пользовательского интерфейса и навигации должны быть управляемыми. (уровень А)

**Принцип 3.** Понятность: информация и операции пользовательского интерфейса должны быть понятными.

**Принцип 4.** Надежность: контент должен быть надежным в такой степени, которая требуется для его интерпретации широким кругом различных пользовательских приложений, включая

ассистивные технологии.

### Способы оценки

Используя данные принципы и сам стандарт, был разработан метод оценки контента с использованием вспомогательной таблицы.

Критерий оценки	Максимальный балл	Название учреждения
Элементы управления, ввод информации Если нетекстовый контент (например, графические элементы) являются элементом управления или полем для ввода, то он должен иметь название, который описывает его назначение	1	
Медиаконтент, ограниченный по времени Если нетекстовый контент представлен в виде медиаконтента, ограниченного по времени (например, аудио или видеозапись), то он должен иметь краткое текстовое описание (содержание)	0,5	
Дублирование нетекстового контента Если нетекстовый контент представляет собой значимый элемент для понимания информации (в т.ч. управления), то он должен иметь краткое текстовое описание (содержание) этого контента Например, виртуальная выставка в виде презентации или pdf	0,5	
Оформление, форматирование, невидимость Если нетекстовый контент используется с целью оформления и дизайна страниц, визуального форматирования или он невидим совсем, то он должен быть реализован таким образом, чтобы ассистивные технологии (например, программы экранного доступа) его игнорировали.	0,5	

Рисунок 1. Фрагмент таблицы для оценки контента сайта

С помощью этой таблицы можно оценить, насколько сайт соответствует стандарту, а так же она отлично показывает, что не хватает на сайте,

что нужно сделать, что дополнить, а что удовлетворяет требованиям. Данная таблица была сделана для оценки сайта со стороны слабовидящего. Так как стандарт WCAG 2.0 делится на 3 уровня, которые определяют доступность контента для разных групп инвалидов, то для сайтов для слабовидящих хватит оценить контент только по уровню А.

Оценка контента на сайтах библиотек Томской области

Для того, чтобы оценить насколько применима данная таблица в реальной жизни, было решено оценить 15 сайтов библиотек Томской области, имеющих версию для слабовидящих.

В ходе исследования было выявлено, что ни одна из библиотек не набрала максимально возможное количество баллов (11,5). Только 2 библиотеки из 15 смогли набрать 9 баллов. Показатели остальных библиотек в среднем 7 и ниже баллов. Однако, стоит заметить, что так же ни одна из библиотек не набрала 0 баллов, что говорит о том, что соответствие некоторым требованиям и стандартам всё же имеется.

На диаграмме показано в процентном соотношении распределение баллов по библиотекам.

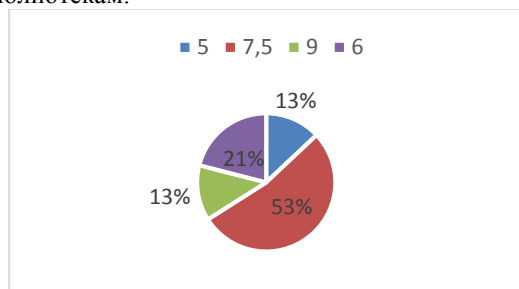


Рисунок 2. Распределение оценочных баллов по библиотекам

Как видно из диаграммы, 53% имеет средний балл. Однако. Как показало дальнейшее исследование, этот балл был набран на тех факторах, которые можно встретить на любом сайте (например, управление сайтом с клавиатуры), а такие задачи, как смена шрифта, увеличение кегля шрифта, редактирование межстрочного интервала и т.д. в большинстве не были обнаружены.

После данного исследования, была составлена методическая консультация для каждой библиотеки области. Была получена обратная связь от каждого из учреждений с сообщением о том, что они приняли к сведению данные замечание и готовы приступить к их исправлению. На данный момент только на нескольких сайтах были зарегистрированы изменения в соответствии с данными рекомендациями.

Рассмотрение проблемы с технической стороны

После проведённого исследования, невольно возникает вопрос: а как реализовать все эти замечания на практике? К сожалению, ответ на этот вопрос упирается в количество ресурсов как

материальных, так и информационных, так и человеческих. На данный момент времени, ощущается нехватка грамотных специалистов, которые могли устранить все недочёты. Не хватает образцов, которые они могли бы использовать. Но к счастью, в сети Интернет есть образцы HTML вёрстки сайтов и версий для слабовидящих которые могли бы стать образцами. Но для лучшего эффекта, всё же стоит их протестировать на потенциальных потребителях, то есть на слабовидящих. Ведь для технического специалиста всё понятно и удобно, а вот для инвалида по зрению может оказаться всё совершенно наоборот.

Так как же проверить, является ли сайт пригодным для пользования слабовидящим? Ответом на этот вопрос было сформулировано несколько рекомендаций:

Для проверки сайта на общую валидность, можно использовать так называемые валидаторы – специальные программы для проверки правильности вёрстки.

Проверка на экранных чтецах тоже позволит понять, доступна ли данная информация для полностью незрячего человека.

Для структуры сайта необходимо использовать 3 правила: строгая иерархия информации, соблюдение семантики разметки и простота.

#### Заключение

Стремительное развитие Интернет ресурсов предоставляют людям возможность получить множество информации. Одним из самых главных её свойств является доступность для каждого человека. Однако не каждый сайт может похвастаться доступностью своего контента для людей с ограниченными возможностями. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что разработка методик обеспечения доступности в среде интернет очень актуальна в наше время. Для этого нужно начать, конечно же, с самых важных ресурсов, это с сайтов государственных учреждений. Ведь именно они задают «правильный тон». Для того следует привлечь не только аналитиков, но и технических специалистов, опираться на уже известные и общепринятые стандарты и правила.

#### Список использованных источников

1. Государственный сайт, доступный для людей с ограниченными возможностями (чек-лист доступности) URL:

<https://habrahabr.ru/company/design/blog/314910/> - Дата обращения 05.06.17

2. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. Уполномоченный русский перевод, публикация 28 февраля 2013 года URL: <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-ru/>

- Дата обращения: 06.06.17



## ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ

Емельянова Ю.А.

Научный руководитель: Марухина О.В., доцент каф.ПИ  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: yuliyaemelianova@yandex.ru

### Введение

В настоящее время вся информация хранится в электронном виде в базах данных и занимает большие объёмы. Любой объект характеризуется некоторым числом параметров. Многомерные данные содержат информацию о трех или более признаках для каждого объекта. Эти данные в дальнейшем могут использоваться для получения информации о зависимостях между признаками.

### Проблема обработки многомерных данных

Данные могут содержать большое количество скрытых закономерностей, которые являются важными для принятия стратегических решений. Следовательно, существует необходимость анализировать подобного рода данные и представлять новые знания в удобной для восприятия человеком форме, хранить только те данные, которые несут в себе необходимую информацию, возможно, некоторые из них могут просто занимать место на компьютере и не нести в себе смысла.

За последнее время анализ многомерных данных стал активно развивающимся и применяющимся практически во всех областях исследований. Анализ многомерных данных является одной из наиболее востребованных междисциплинарных областей знания.

Любая обработка информации в различных областях, таких как медицина, банковское дело, телекоммуникации, молекулярная генетика посвящена конкретным целям, например, в медицине – это исследование болезней, лечение, анализ, постановка диагноза у больного. Поэтому признаки, присущие пациенту, которые получены и проанализированы, являются информативными признаками, с помощью которых можно распознать заболевание или его отсутствие у пациента. Важной задачей является поиск и отбор признаков достаточно информативных для постановки достоверного диагноза.

Описание объектов содержат все доступные наблюдению, измерению параметры, характеристики, признаки, поэтому в описании используется множество величин. Такой большой набор данных требует трудоемких работ при обработке данных. При принятии решения о выборе класса, которому принадлежит анализируемый объект, возникает проблема его оценки по нескольким признакам. Это проблема делится на подпроблемы: установление обобщенного признака и определение важности признаков, отражающих свойства объектов.

Существуют параметрические и непараметрические методы оценки информативности. Параметрические методы основаны на предположениях о характере распределения случайной величины и делаются предположения как параметры в разных выборках, соотносятся между собой. Непараметрические методы математической статистики – методы, при которых не выдвигаются какие-либо предположения о характере распределения исследуемых данных.

Наиболее известные методы оценки информативности. Метод накопленных частот – при таком методе берутся две выборки признака, принадлежащие двум различным классам, по обеим выборкам в одних координатных осях строят эмпирические распределения признака и подсчитывают накопленные частоты (сумму частот от начального до текущего интервала распределения). Оценкой информативности служит модуль максимальной разности накопленных частот. В методе Шеннона информативность оценивается как средневзвешенное количество информации, приходящееся на различные градации признака.

### Оценка информативности по Кульбаку

Метод Кульбака предлагает в качестве оценки информативности – меру расхождения между двумя классами. Согласно этому методу информативность вычисляется по формуле 1:

$$J(x_i) = \sum_i 10 \lg \frac{P(x_{ij}/A_1)}{P(x_{ij}/A_2)} 0,5 \left[ P\left(\frac{x_{ij}}{A_1}\right) - P(x_{ij}/A_2) \right], \quad (1)$$

$J(x_i)$  – информативность признака,

$P_1$  – вероятность попадания признака в первом классе  $A_1$ ,

$P_2$  – вероятность попадания признака во втором классе  $A_2$ ,

$j$  – номер диапазона признака  $x_i$ .

$J(x_i)$  – величина всегда будет положительной.

Это связано со свойством логарифмов. Если числитель логарифмической дроби больше знаменателя, то логарифм отношения вероятностей будет положительной величиной. Если числитель логарифмической дроби меньше знаменателя, то логарифм отношения вероятностей и разность вероятностей будут отрицательными величинами и при перемножении дадут положительную величину. Таким образом, величина  $J(x_i)$ , будучи всегда положительной, отразит абсолютное значение вклада данного диапазона в приближении к любому правильному диагностическому порогу [1].

Были предоставлены данные по ожирению. Данные имеют вид таблиц с пациентами и

множеством признаков. Определение информативной ценности связано с необходимостью выделения наиболее информативных признаков, получаемых при обследовании больных. Необходимо было рассчитать информативность для следующих групп: клиника, сердечно-сосудистая система, физическая работоспособность, липидный обмен, биохимия крови, гормональный статус, иммунологический статус, состояние калликреин-кининовой системы и окислительная способность плазмы крови. Каждая группа имеет списки признаков. Этапы расчёта информативности:

1. Были взяты признаки до и после лечения из одной группы.
2. Далее определили для каждого признака минимальное и максимальное значение.
3. Задали количество интервалов распределения и подсчитали количество значений, которые попадают в каждый интервал (всего 5 интервалов распределения).
4. Рассчитали вероятность попадания признака в группу 1 (до лечения) и в группу 2 (после лечения).
5. По формуле, приведенной выше, рассчитали информативность.

Информативность групп были получены в результате выполнения программы, созданной командой, занимающаяся данной темой в ТПУ. В результате была посчитана информативность для каждой группы признаков. Например, группа «Физическая работоспособность» включает в себя следующие признаки: толерантность к физической нагрузке, общая работоспособность, индекс инсулинорезистентности и двойное произведение (насыщение миокарда кислородом). Информативность данной группы представлена в таблице 1.

Таблица 1. Информативность группы

Признак	Информативность
ТФН	1,4
Общая раб-ть	0,99
НОМА	0,44
Дв.Пр.	0,01

Из таблицы видно, что информативным признаком в данной группе является ТФН (рис.1), менее информативным – Дв.Пр.(рис.2).

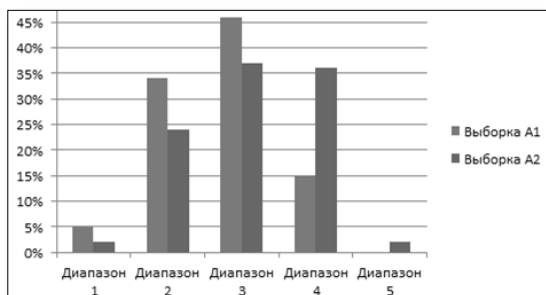


Рис.1. Признак «ТФН»

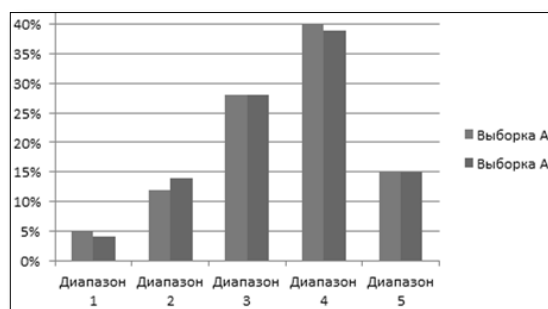


Рис.2. Признак «Дв.Пр»

Для каждой группы были построены графики наиболее информативного и менее информативного признака. Выборка А1 – значения до лечения, выборка А2 – значения после лечения. Из графиков видно, что чем больше разница между выборками, тем информативнее признак.

### Заключение

В результате рассчитана информативность для различных групп данных по ожирению. Получили, что наиболее информативными являются следующие признаки: систолическое артериальное давление, толерантность к физической нагрузке, липопротеиды низкой плотности, щелочная фосфатаза в сыворотке крови, циркулирующие иммунные комплексы, уровень каллекриина и содержание оксида азота в крови. Метод Кульбака служат для определения информативности признака, который участвует в распознавании двух классов объектов.

### Список литературы:

1. Е.В.Гублер. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов, 1978, 269 с.
2. И.С. Голованова. Выбор информативных признаков. Оценка информативности. [Электронный ресурс]. URL: <http://ime.tpu.ru/study/discypliny/INF-PR.pdf> (дата обращения: 11.05.2017).
3. Капустина С.В., Кирякова О.В., Лапина Л.А. Выбор информативных признаков для тяжести заболевания. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21955> (дата обращения: 17.05.2017).
4. Колесникова С.И. Методы анализа информативности разнотипных признаков. [Электронный ресурс]. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/metody-analiza-informativnosti-raznotipnyh-priznakov> (дата обращения: 17.05.2017).
5. Оценка информативности признаков в генетике. Оценка биомедицинских измерений. [Электронный ресурс]. URL: <http://dommedika.com/235.html> (дата обращения: 11.05.2017).

## WEB-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКОВ ВУЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ИНЖИНИРИНГА И ТЕХНОЛОГИЙ SEMANTIC WEB

И. А. Ермолов  
И. Ю. Шполянская

Ростовский Государственный Экономический Университет (РИНХ)  
ermolov962104@gmail.com

### Введение

Трудоустройство выпускников является важнейшей задачей вузов. В связи с этим актуальной является задача создания web-ориентированной информационной системы для поддержки эффективного взаимодействия вуза с его выпускниками и потенциальными работодателями.

С помощью создаваемой Web-ориентированной информационной системы выпускник получает возможность поиска вакансий, соответствующих его компетенциям и предпочтениям с последующим трудоустройством по специальности, а вуз – реальную оценку компетенций реализуемых образовательных программ. Для работодателей обеспечивается возможность удаленного поиска кандидатов среди выпускников вуза и получения объективной оценки их компетенций, знаний и умений на основе решений, формируемых в экспертной системе.

Задачи хранения, извлечения и анализа знаний в разрабатываемой информационной системе решаются с использованием технологий Semantic Web [1]. Технологии Semantic Web, используемые в проекте, позволяют сделать информацию, заданную в разных представлениях, пригодной для автоматического анализа, синтеза и вывода новых данных.

### Онтологическая модель системы поддержки трудоустройства выпускников вуза

Основу Web-ориентированной экспертной системы поддержки трудоустройства выпускников составляет база знаний в виде онтологической модели. Онтологическая модель включает данные о выпускниках с описанием их компетенций, согласно освоённой образовательной программе, а также информацию о профессиональных компетенциях из профессиональных стандартов, соответствующих запросам работодателей [2]. Онтология профессиональных компетенций даёт формализованное описание возможных требований работодателей [3]. Задача системы состоит в поиске по онтологии релевантных данных, соответствующих запросам пользователей, и формировании рекомендаций по результатам выводов, сформированных экспертной системой.

Для создания онтологической модели используется редактор Protégé, данные из которого выгружаются в формате RDF/OWL в RDF-хранилище. RDF – это модель представления

данных (метаданных), разработанная консорциумом W3C, и является стандартом для описания данных в Semantic Web. RDF – представляет данные в виде триплетов, которые имеют вид «субъект — предикат — объект». Модель данных RDF является графом с обозначенными как вершинами, так и дугами, который разрешает определять связи между сущностями. Такой принцип хранения данных даёт некоторые преимущества, а именно: обеспечивают логический вывод новых фактов, семантический поиск и интеграцию данных, а также лёгкость информационного обмена между разными системами.

В онтологической модели мы рассматриваем в виде классов множество образовательных программ и профессиональных стандартов, и соответствующие им образовательные компетенции. Знания и умения из образовательных компетенций и компетенций из профессиональных стандартов связываются между собой через так называемый, «словарь синонимов». Он позволяет осуществлять информационный поиск на «языке» работодателя, абстрагировавшись от существующих различий между образовательными программами и профессиональными стандартами. ВУЗу же, такая модель позволит оценить качество предоставляемых знаний выпускникам, и совершенствовать образовательные программы, подстраивая их под современные тенденции и требования рынка труда.

На рисунке 1 представлен фрагмент графа онтологической модели знаний системы.

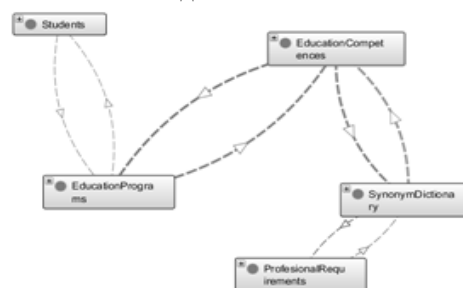


Рис. 1. Граф онтологической модели системы (фрагмент)

### Архитектура информационной системы

Web-ориентированная экспертная система поддержки трудоустройства выпускников вуза решает следующие задачи:

- Поиск выпускниками работы по специальности

- Поиск работодателями специалистов среди выпускников
- Отслеживание вузом трудоустройства выпускников
- Отслеживание вузом актуальности образовательных программ

На рис. 2 представлена модель архитектуры ИС

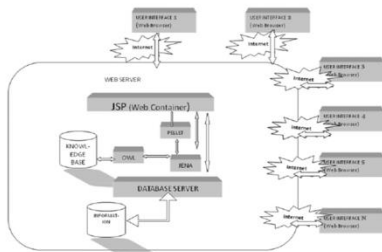


Рис. 2 Модель архитектуры системы

Построенная онтологическая модель является основой, создаваемой Web-ориентированной информационной системы [4]. Информационная система разрабатывается с применением шаблона проектирования MVC. Такая архитектура позволяет разделить приложение на три отдельные функциональные части: модель данных (Model), пользовательский интерфейс (View) и управляющую логику (Controller).

Для организации взаимодействия пользователя с информационной системой используется язык программирования JAVA, в частности Jena Framework. Jena это фреймворк с открытым исходным кодом, который предоставляет API для чтения и записи данных из/в RDF хранилище с использованием языка запросов SPARQL. SPARQL представляет собой язык запросов к данным, представленных в формате RDF.

Фреймворк Jena позволяет удобно обрабатывать такие запросы и передавать найденные данные в пользовательский интерфейс системы, либо же, используя формат WSDL или SOAP, обмениваться данными между системами. Работа экспертной системы по автоматическому подбору кандидатов представлена в виде следующей схемы:

- Загрузка запроса работодателя.
- Преобразование запроса в Sparql-запрос.
- Поиск соответствия в онтологии Профстандартов.
- Поиск соответствия в онтологии Образовательных программ.
- Поиск соответствия в онтологии Выпускников.

Пример запроса, позволяющего выбрать всех студентов, которые обладают навыком «Анализ требований» представлен на рис.3.

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX this: <http://www.semanticweb.org/educationprograms.owl#>
SELECT * WHERE {
  ?subject rdf:type this:Students.
  ?subject this:isStudentOf ?a.
  ?a this:hasCompetence ?y.
  ?y this:isCompetenceDictionaryOf ?z.
  ?z this:synonymDictionaryValue ?name.
  FILTER(?name="Анализ
  требований"^^xsd:string).}
```

Рис. 3 Пример SPARQL – запроса к онтологии

Далее используемые технологии позволяют применить алгоритмы рекомендательных систем для лучшего взаимодействия с пользователем.

#### Заключение

Архитектура разработанной ИС является расширяемой с возможностью замены отдельных компонентов системы. Разработанные онтологии могут быть дополнены по функциональности. Хранилище и программные модули являются независимыми от данных, что позволяет системе работать с новыми данными, дополненными из других предметных областей, по новым специальностям и образовательным программам.

#### Список использованных источников

1. Berners-Lee, T., Hendler, J., and Lassila, O. The Semantic Web // Scientific American. – 2001. – V. 284. – № 5. – P. 35–43.
2. Шполянская И.Ю., Мирошниченко И.И. Онтологическая модель информационно-образовательной среды учебного подразделения вуза // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2010. № 31. С. 201-209.
3. Бахвалов С. В., Берестнева О. Г., Марухина О. В. Применение онтологического моделирования в задачах организации учебного процесса вуза // Онтология проектирования. – 2015. – Т. 5, № 4 (18). — С. 387-398.
4. Шполянская И.Ю. Референтная онтологическая модель бизнеса как основа создания WEB-ориентированных систем и сервисов // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2015. № 2 (50). С. 220-221.



## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕНИЯ МАССОВЫХ ПРОЦЕДУР ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

К.Р. Балыкбаева, А.А. Зобнина  
Томский политехнический университет  
aaz47@tpu.ru

### Введение

В науке эмпирические данные требуются для того, чтобы гипотеза получила признание научного сообщества. После сбора эмпирических данных начинается этап статистической обработки, которая проводится, как правило, с помощью специального программного обеспечения.

Система анализа правильности составления педагогических тестов представляет собой совокупность отдельных компонент. На данный момент существуют программные средства, которые решают только некоторые отдельные задачи из всей системы [3]. В результате возникла необходимость наличия средства для представления общей картины результатов обработки эмпирических данных.

Поэтому целью нашей работы стала разработка средства автоматизации имеющихся данных результатов проведения массовых процедур оценки качества образования и представления результатов для дальнейшего анализа разработчикам педагогических тестов.

### Описание алгоритма обработки

Для обработки эмпирических данных был создан набор макросов в среде Microsoft Excel на языке Visual Basic for Applications (VBA). Среда и язык разработки были выбраны исходя из того, что с линейкой продуктов Microsoft Office работают даже неопытные пользователи. Таким образом, разработанное нами средство обработки данных эксперты могут сразу использовать без необходимости длительного освоения.

В качестве исходных данных для обработки нами использовались матрицы результатов тестирования пятых и десятых классов по математике и русскому языку, проведенных на базе общеобразовательных организаций Томской области в 2016 году. Обработываемые нами матрицы результатов содержат порядка 20-30 заданий и от 5 тыс. до 8,5 тыс. результатов испытуемых, в зависимости от теста.

Работа с данными осуществляется не на всей матрице тестовых результатов, из диапазона обработки устраняются все строки и столбцы, состоящие только из нулей и только из единиц. Причиной этому является непригодность как теста в целом (излишняя сложность или легкость, не позволяющая определить истинные знания испытуемого), так и отдельных заданий теста соответственно.

Эмпирические результаты тестирования представляются в виде полигонов частотных

распределений сгруппированных и не сгруппированных данных. Частоты необходимы для сокращения списка учеников с полученными тестовыми баллами. Для большой группы – скажем, в 100 или более учеников – используется сгруппированное частотное распределение. Количество групп вычисляется по правилу Стёрджеса.

Данные о результатах участников являются дихотомическими величинами. Между всеми парами заданий теста был вычислен коэффициент корреляции (коэффициент «фи»), результаты сведены в матрицу коэффициентов корреляции. Определенные (выходящие за границы допустимого) значения коэффициента корреляции отмечаются цветом, чтобы визуально выделить задания, содержания которых в меньшей степени связаны с содержаниями других заданий теста.

Для определения уровня дифференцирующей способности задания теста вычисляется точечно-бисериальный коэффициент. Задания теста, по которым значения вычисленного коэффициента близки к нулю, имеют низкую дифференцирующую способность. Такие задания требуют доработки. Все задания теста, где точечно-бисериальный коэффициент меньше нуля, необходимо удалить из теста [1].

### Тестирование алгоритма обработки

Для оценки алгоритма обработки эмпирических данных было проведено тестирование его работы на различных входных данных. Для демонстрации работы средства обработки рассмотрена матрица результатов для четырех вариантов теста по математике учащихся пятого класса.

Графическая интерпретация эмпирических данных представлена в виде следующих полигонов частотного распределения:

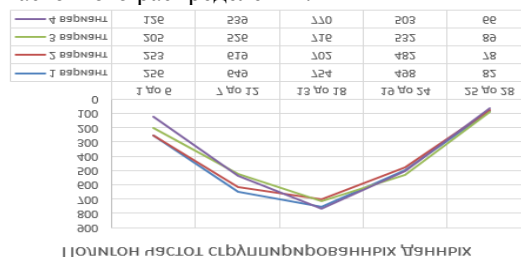


Рис. 1. Полигон частотного распределения сгруппированных данных



Рис. 2. Полигон частотного распределения не сгруппированных данных

Из графиков видно, что в среднем учащиеся набирают от 13 до 18 баллов из 28 (максимальный балл данного теста). Отчетливо видно сходство в результатах тестирования у всех четырех вариантов теста, имеющих почти совпадающие полигоны распределения частот.

Между каждым заданием теста была построена матрица коэффициентов корреляции.

1 вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1,000	0,083	0,102	0,066	0,143	0,109	0,129	0,111	0,114	0,014	0,149	0,125	0,156	0,078	0,056	0,091
2	0,083	1,000	0,130	0,117	0,201	0,144	0,183	0,213	0,202	0,045	0,154	0,134	0,180	0,147	0,104	0,194
3	0,102	0,130	1,000	0,125	0,200	0,146	0,170	0,196	0,220	-0,002	0,179	0,142	0,153	0,155	0,096	0,154
4	0,066	0,117	0,125	1,000	0,098	0,135	0,090	0,134	0,144	0,006	0,132	0,122	0,103	0,120	0,088	0,105
5	0,143	0,201	0,200	0,098	1,000	0,186	0,221	0,197	0,215	0,019	0,179	0,212	0,217	0,188	0,092	0,205
6	0,109	0,144	0,146	0,135	0,186	1,000	0,168	0,182	0,161	-0,023	0,161	0,148	0,191	0,149	0,078	0,162
7	0,129	0,183	0,170	0,090	0,221	0,168	1,000	0,224	0,209	0,010	0,176	0,163	0,185	0,132	0,088	0,210
8	0,111	0,213	0,196	0,134	0,197	0,182	0,224	1,000	0,285	0,027	0,208	0,149	0,235	0,160	0,112	0,296
9	0,114	0,202	0,220	0,144	0,215	0,161	0,209	0,285	1,000	0,025	0,237	0,174	0,274	0,185	0,076	0,304
10	0,014	0,045	-0,002	0,006	0,019	-0,023	0,010	0,027	0,025	1,000	-0,006	0,012	0,051	0,037	0,015	0,017
11	0,149	0,154	0,179	0,132	0,179	0,161	0,176	0,208	0,237	-0,006	1,000	0,188	0,265	0,158	0,117	0,211
12	0,125	0,134	0,142	0,122	0,212	0,148	0,163	0,149	0,174	0,012	0,188	1,000	0,252	0,168	0,071	0,150
13	0,156	0,180	0,153	0,103	0,217	0,191	0,185	0,235	0,274	0,051	0,265	0,252	1,000	0,278	0,102	0,261
14	0,078	0,147	0,155	0,120	0,188	0,149	0,132	0,160	0,185	0,037	0,158	0,168	0,278	1,000	0,126	0,207
15	0,056	0,104	0,096	0,088	0,092	0,078	0,088	0,112	0,076	0,015	0,117	0,102	0,126	0,126	1,000	0,149
16	0,091	0,194	0,154	0,105	0,205	0,162	0,210	0,296	0,304	0,017	0,211	0,150	0,261	0,207	0,149	1,000

Рис. 3. Матрица коэффициентов корреляции

Из данной матрицы видно, что отрицательные значения коэффициента (выделено курсивом и рамкой) в десятом задании теста указывают на определенный просчет разработчиков в содержании задания. Наиболее распространенной причиной является отсутствие предметной чистоты содержания. Жирным шрифтом и рамкой в матрице выделяется высокий положительный коэффициент (больше 0,3), это говорит об одинаковом содержательном элементе заданий тестов.

По значениям точечно-бисериальных коэффициентов определяются наиболее неудачные задания теста.

1 вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Номер задания	18	16	9	19	5	13	20	8	2	17	11	14	7	3	12	6
Коэффициент	0,599	0,595	0,574	0,539	0,515	0,509	0,495	0,494	0,492	0,460	0,444	0,421	0,416	0,402	0,377	0,354
2 вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Номер задания	9	18	13	16	19	10	2	5	17	20	14	11	8	3	12	6
Коэффициент	0,635	0,594	0,564	0,534	0,525	0,525	0,519	0,474	0,471	0,425	0,425	0,424	0,423	0,412	0,393	0,368
3 вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Номер задания	16	9	18	13	2	19	3	20	8	5	17	12	7	14	11	15
Коэффициент	0,611	0,601	0,598	0,556	0,535	0,521	0,490	0,483	0,476	0,475	0,470	0,453	0,426	0,414	0,399	0,376
4 вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Номер задания	18	9	16	13	19	8	5	20	17	11	14	3	6	2	15	7
Коэффициент	0,613	0,600	0,577	0,564	0,530	0,490	0,488	0,469	0,455	0,416	0,398	0,390	0,373	0,371	0,354	0,330

Рис. 4. Значения коэффициентов

Среди полученных коэффициентов нет отрицательных значений, значит, нет заданий, подлежащих выводу из теста.

В целом задание можно считать валидным, когда значение точечно-бисериального коэффициента около 0,5 [1]. Оценка валидности задания позволяет судить о том, насколько задание пригодно для работы в соответствии с общей целью создания теста. Так как целью исследуемого теста является дифференциация учеников по уровню подготовки, то валидные задания должны

четко отделять хорошо подготовленных от слабо подготовленных учеников тестируемой группы.

#### Заключение

Разработано средство, автоматически обрабатывающее эмпирические данные результатов тестирования учащихся. Представленный алгоритм обработки распространяется на любые выборки испытуемых и применим к тестам любой длины.

Полученные результаты могут быть использованы как специалистами по разработке педагогических тестов, так и учителями школ, преподавателями высших и других профессиональных учебных заведений, заинтересованных в овладении методами анализа тестов, правильном их составлении и использовании в учебном процессе для контроля и оценки уровня подготовки обучаемых.

#### Список используемых источников

1. Чельшкова М.Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: Учебное пособие. – М.: Логос, 2002. – 432с.
2. Волкова П.А., Шипунов А.Б. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах: Учебное пособие. – М.: Экспресс, 2008. – 60с.
3. The automation of the procedures of educational progress assessment as a method of education quality improving [Electronic resources] / A. V. Lepustin [et al.] // The 9th International Forum on Strategic Technology (IFOST-2014), September 21-23, 2014, Cox's Bazar, Bangladesh : [proceedings]. — [S. l.]: IEEE, 2014. — [P. 109-112]. — Title screen. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса.
4. Обработка эмпирических данных исследований. [Электронный ресурс]. — URL: <http://mt-9.ru/wp-content/uploads/2015/09/Обработка-эмпирических-данных-исследования.doc> (дата обращения 19.03.2017).

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА КЛИЕНТСКОЙ БАЗЫ АПТЕЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Каверина И.С.  
Музыра Ю.А., Фокин В.А.  
ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России  
[kaverinairina@yandex.ru](mailto:kaverinairina@yandex.ru)

Технология взаимодействия клиентов с аптекой основывается на анализе совершенных им покупок в течение определенного периода времени. Накопленная информация о совершенных клиентом покупках может выступать в качестве основы для описания жизненного цикла клиента (ЖЦК), т.к. при каждой покупке в базе данных фиксируются сведения о дате, сумме, наименованиях купленных позиций, номер дисконтной карты, величина скидки и пр. Простое накопление которых представляет собой стихийно сформированную клиентскую базу (КБ) аптечного учреждения. Для лучшего понимания КБ проводят ее сегментацию, которая заключается в делении клиентов на группы в зависимости от их покупательского поведения. В зависимости от выбранного метода сегментации выделяют 3 – 5 групп клиентов [1, 2, 3].

Специфика клиентской базы аптеки заключается в том, что с одной стороны, аптечное предприятие – это бизнес, а с другой стороны оно выступает посредником между учреждением здравоохранения и конечным потребителем и выполняет социально-ориентированную функцию. Вследствие чего поведенческая история клиента аптеки отличается от поведения клиентов предприятий, ориентированных только на бизнес. В частности, на структуру клиентской базы аптеки влияет ряд дополнительных факторов, таких как: сезонность, необходимость регулярного применения лекарственных препаратов, закупка препаратов социальными работниками, наличие льготного отпуска лекарственных препаратов и т.п.

В разработанной ИТ, алгоритм которой представлен на рис. 1, сегментацию КБ предлагается проводить на основе данных отчетов по продажам по дисконтным картам за выделенный промежуток времени  $T$ .

**1 этап: выделение корпоративных клиентов.** Поведение корпоративного клиента существенно отличается от поведения «обычного» посетителя аптеки, поскольку он удовлетворяет не столько свои потребности, сколько интересы определенной социальной группы (например, социальный работник, обслуживающий группу пенсионеров или инвалидов). Их поведение стабильно, прогнозируемо и не требует пристального изучения. Корпоративные клиенты могут быть идентифицированы по показателям предикторов RFM-анализа, существенно отличающимся от большинства клиентов. Критерий выделения

клиентов может быть задан формально, например на основе статистических оценок предикторов.

Оставшиеся клиенты представляют группу функциональных клиентов. Данная группа отличается от группы корпоративных клиентов тем, что обращения этих клиентов в аптеку связаны с личной (функциональной) потребностью. Поэтому для аптечного менеджмента изучение и управление поведением функциональных клиентов является важным при выстраивании долгосрочных взаимоотношений.

**2 этап: сегментация группы функциональных клиентов.** На этом этапе функциональные клиенты разбиваются на три группы: Активные, Переходные и Спящие. Пусть  $i$ -й клиент совершает  $j$ -ю покупку ( $j = \overline{1, n_i}$ ) в момент времени  $t_j^{(i)}$ . Определим среднюю длительность  $L$  между двумя последовательными покупками для усредненного клиента аптеки:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n_i} (t_{j+1}^{(i)} - t_j^{(i)})}{\sum_{i=1}^N (n_i - 1)},$$

где  $N$  – количество клиентов в КБ,  $n_i$  – количество покупок  $i$ -го клиента.

В группу Активных клиентов отнесем тех, у кого давность совершения последней покупки, удовлетворяет условию  $R_i < L$ , где  $R_i$  является предиктором Recency для  $i$ -го клиента.

Можно предположить, что все клиенты, для которых  $R_i \geq L$ , «затягивают» с принятием решения о следующем обращении или не планируют обращаться в рассматриваемую аптечную организацию. Анализ фактической информации по  $R$ ,  $F$  и  $M$  предикторам показывает, что клиенты этой группы так же по своей поведенческой характеристике неоднородны. Поэтому целесообразно выделить еще один сегмент КБ. Для этого на гистограмме зависимости количества клиентов от давности последнего обращения определим показатель  $L_{\text{sleep}}$  как значение давности обращения  $R$ , после которого количество клиентов слабо зависит от давности последнего обращения. Это значение можно рассчитать, например, методом «каменистой осыпи».

Клиенты, для которых  $L \leq R_i < L_{sleep}$  отнесем в группу *Переходных* клиентов, а остальных – в группу *Спящие* клиенты.

**3 этап: анализ поведения клиентов.** На этом этапе анализируется динамика движения клиентов внутри выделенных сегментов за заданный период времени. Для этого строится матрица переходов [4], которая содержит информацию по смежным

парам сезонов. По диагонали располагается число клиентов, стабильно принадлежащим сегментам. По строкам отображается переход по сегментам, строка новые клиенты отображает количество новых клиентов, пришедших в соответствующий кластер в следующем сезоне. Столбец выбывшие клиенты отображает количество клиентов, которые совершили покупку в первом рассматриваемом сезоне, но не совершили в последующем.

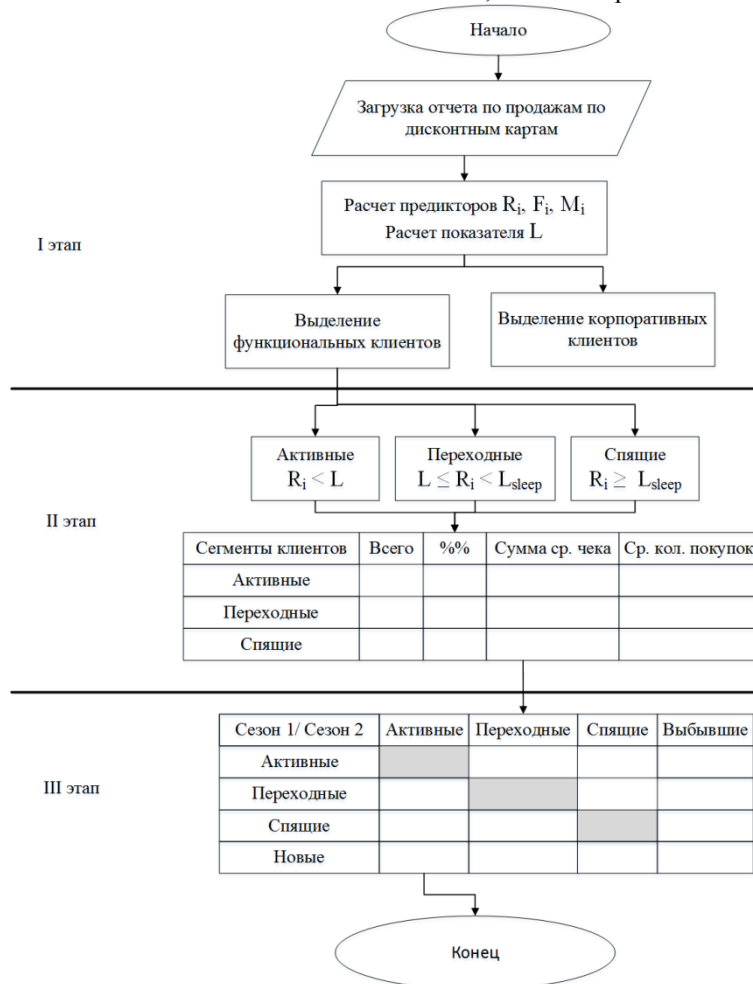


Рис. 1. Алгоритм проведения сегментации КБ аптеки

### Заключение

1. Информационная технология позволяет проанализировать основные характеристики КБ, которые могут быть использованы руководителями организаций для оптимизации управленческих решений.

2. Предлагаемый подход сегментации КБ за счет выделения групп функциональных и корпоративных клиентов и анализ движения клиентов внутри выделенных сегментов дает более полное описание КБ.

### Список использованных источников

1. Marc Epstein, Jesse H. Jones. Customer profitability analysis// Good Practice Guideline, March 2002, pp. 1 – 36.

2. Лисовский П.А. Построение активной клиентской базы в аптечной сети. Персонализированная дисконтная система // Ремедиум № 1, 2011, с. 48 – 51.

3. Полежаев И.Е. Метод сегментации клиентских баз данных на основе жизненного цикла клиента // Электронный научный журнал «Исследовано в России». – 2006.

4. Андреева А.В. Оптимальное управление клиентской базой компании на основе показателя долгосрочной стоимости клиента // Бизнес-информатика №4(22)–2012 г., с. 61 – 68.



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ЭКСПЕРТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ

А.Н. Копайгородский  
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН  
kopaygorodsky@mail.ru

### Введение

Ввиду сложных мировых экономических условий исследования перспектив развития отраслей становятся особенно актуальными. В первую очередь это связано с желанием предсказать с высокой достоверностью перспективность инновационных проектов и желанием сэкономить. Энергетика является одной из базовых отраслей экономики и от ее развития во многом зависит производство конечной продукции. В Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН разрабатывается интеллектуальная информационная система для поддержки коллективной экспертной деятельности для прогнозирования технологического развития энергетики России.

### Прогнозирование развития энергетики

Существуют несколько основных методов технологического прогнозирования, которые используются для исследований энергетики России:

1. Экспертные опросы являются простыми дешевыми и быстрыми решениями, но эти методы имеют такие плохие качества как субъективность, низкая обоснованность, отсутствие ответственности.
2. Технологический анализ на уровне отдельных энергетических компаний основывается на эконометрике, мониторинге, базах данных по разработкам, оперативном анализе проблем и предложений.
3. Системный анализ технологий требует достаточно много времени и усилий высококвалифицированных научных коллективов.

Исследователи из ИСЭМ не обеспечены в должной мере данными и актуальными знаниями для прогнозирования энергетики на высоком уровне. Технологический прогноз энергетики РФ до 2035 года рассматривает три разных сценария развития мировой энергетики [2], при этом вероятность каждого достаточно сложно оценить. Данное обстоятельство приводит к высокой неопределенности в стратегическом планировании инновационного развития энергетики РФ из-за высоких инвестиционных рисков.

Применение семантических технологий облегчает научно-технологическое прогнозирование в энергетике. Для этого могут быть использованы такие технологии как:

- семантический информационный поиск;

- анализ слабоструктурированных текстов и данных, включая извлечение терминов, концептов, их согласование и агрегирование;
- статистическая обработка и анализ полученных семантически структурированных данных, включая расчет количественных показателей и индикаторов развития технологий;
- когнитивные технологии визуализации;
- онтологическое моделирование.

Задача разработки инструментальных средств для поддержки прогнозирования развития энергетики состоит из двух основных частей:

- создание Интеллектуальной информационной среды для совместной работы экспертов и накопления знаний;
- совершенствование существующих и создание новых методов поиска информации, знаний и прогнозирования.

### Поиск новых технологических решений в энергетике

Новые подходы к извлечению и анализу знаний и данных позволяют улучшить качество получаемых научных результатов. Возможно уменьшение неопределенности с помощью анализа больших данных (Large Data Analytics – LDA), который может быть применен к глобальным источникам научных и технологических данных и инноваций. При применении LDA можно определить уже существующие и спрогнозировать новые тенденции развития, а также предусмотреть технологические прорывы путем всестороннего понимания протекающих инновационных процессов [3].

В качестве источников информации для прогнозирования развития исследователи могут использовать базы данных по патентам и изобретениям, новостные ленты, информацию из государственных информационных систем, которые содержат данные о научно-технических проектах и разработках (ЦИТИС, РФФИ, ФИПС и пр.), а также из различных коммерческих систем (SCOPUS, Web of Science, РИНЦ, Science Index).

Задача обеспечения актуальной информацией исследователей является наиболее важной. В процессе работы исследователи используют некоторые уже существующие модели и создают новые. Новая информация и знания позволяют выполнить актуализацию существующих моделей. Большой поток слабоструктурированной информации существенно замедляет и усложняет построение и обновление моделей. В этом случае

исследователи вынуждены тратить достаточно много времени на поиск и выявление интересных их фактов, что является крайне малоэффективным. Для эффективного извлечения знаний из больших наборов данных требуется их автоматическая классификация.

Методический подход к сбору знаний из текстовых источников состоит в решении некоторых задач:

- извлечение необработанных полуструктурированных текстовых данных;
- предварительная очистка, идентификация и извлечение текста;
- классификация текста, составление дайджеста для каждого обработанного документа.

Полученные элементы дайджеста могут быть сопоставлены с понятиями единой системы

онтологий и сохранены в базе знаний со ссылками на исходные документы.

### Интеллектуальная информационная система

На рисунке 1 представлена архитектура Интеллектуальной информационной системы прогнозирования инновационного развития энергетики (ИИСПИР). Подсистемы поиска и анализа получают новые документы, выполняют их классификацию и сопоставление с понятиями системы онтологий. Дайджесты документов размещаются в хранилище, к которому через Web-сервисы имеют доступ исследователи. Доступ к существующим в ИСЭМ базам данных осуществляется через интерфейсы хранилища данных.

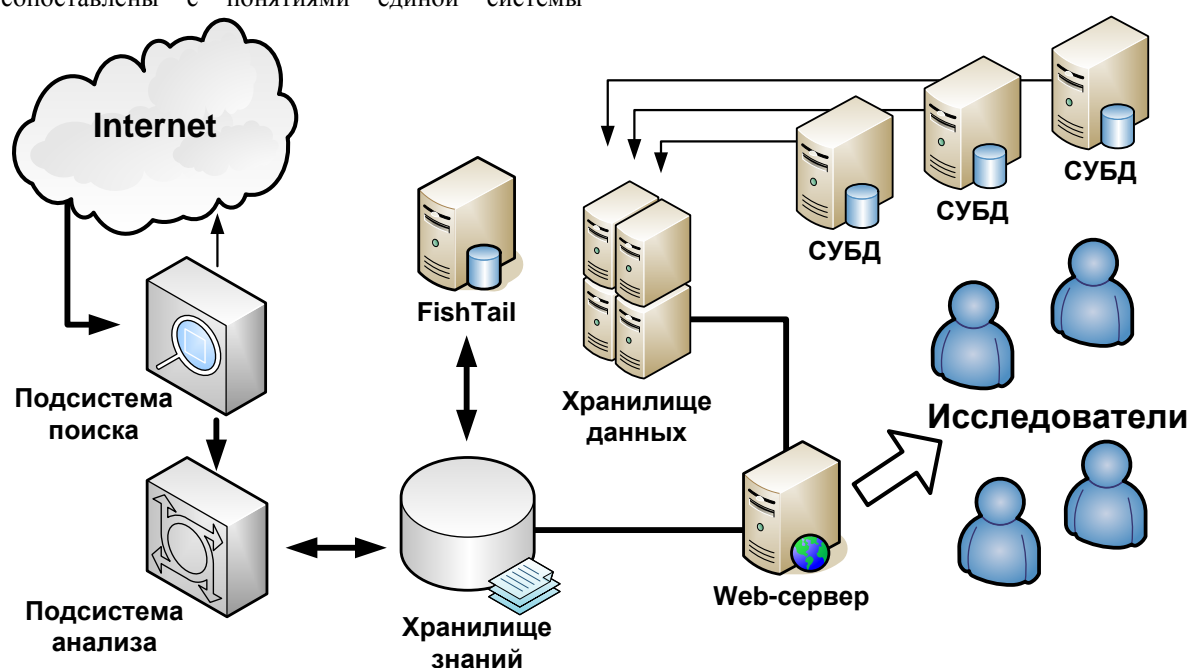


Рис. 1. Архитектура Интеллектуальной информационной системы прогнозирования инновационного развития энергетики.

### Заключение

Одной из основных проблем поддержки прогнозирования развития энергетики России является необходимость обработки достаточного большого объема разнородной информации. Разрабатываемая в ИСЭМ интеллектуальная информационная система осуществляет сбор и обработку информации, получаемой открытыми источниками. В процессе поиска информации выполняется ее классификация на основе выделяемых ключевых слов, сопоставленных с понятиями, которые введены в системе онтологий. Собранная в автоматическом режиме информация размещается в специализированном хранилище, маркируется и агрегируется. Предложенный подход способствует улучшению качества прогнозов в исследованиях развития энергетики

### Список использованных источников

1. Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года. Министерство энергетики РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/6365/66647>, свободный (дата обращения: 26.09.2017).
2. Daim T.U., Chiavetta D., Porter A.L., Saritas O., “Anticipating future innovation pathways through large data analysis”, In: Innovation, technology, and knowledge management, Springer, 2016, 360 p., DOI 10.1007/978-3-319-39056-7.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

М.А. Темирбулатов

А.Г. Мустафаев

Дагестанский государственный университет народного хозяйства  
arslan\_mustafaev@mail.ru

В последнее время большое внимание уделяется информационному обеспечению медицинской деятельности. Это становится одним из движущих факторов развития медицинской науки, что обуславливает актуальность разработки и внедрения различных информационных, аналитических и прогнозирующих систем. Вместе с тем не менее уровень проникновения информационных технологий в медицину по-прежнему остается одним из самых низких.

Необходимо понимать, что акцент постепенно смещается с решения задач по информатизации административных управленческих структур на реализацию проектов информатизации медицинской деятельности. Приоритеты меняются в сторону таких направлений, как автоматизация рабочего места врача, создание единой электронной медицинской карты, распространение интеллектуальных систем поддержки принятия врачебных решений, применение и широкое распространение новейших медицинских технологий, развитие телемедицины.

Современные медицинские организации производят и накапливают огромные объемы данных. От того, насколько эффективно эта информация используется врачами, руководителями, управляющими органами, зависит качество медицинской помощи, общий уровень жизни населения, уровень развития страны в целом и каждого ее территориального субъекта в частности.

Первые серьезные попытки поиска и изучения неявных алгоритмов, позволяющих автоматически накапливать и затем использовать опыт при обучении создания нейронных сетей были сделаны У. Маккалоком и У. Питтсом. Их идеи были блестяще развиты Ф. Розенблаттом, который сформулировал принципы нейродинамики [1].

Использование нейронных сетей в медицине, в основном, связано с системами для диагностики заболеваний.

Нейронные сети представляют собой нелинейные системы, позволяющие гораздо лучше классифицировать данные, чем обычно используемые линейные методы. В приложении к медицинской диагностике они дают возможность значительно повысить специфичность метода, не снижая его чувствительности. Отличительное свойство нейронных сетей состоит в том, что они не программируются - не используют никаких правил вывода для постановки диагноза, а обучаются делать это на примерах.



Рис. 1. Длительность действия различных препаратов инсулина.

Сахарный диабет - это метаболическое заболевание, вызванное абсолютным дефицитом секреции инсулина и характеризующееся неспособностью организма поддерживать уровень глюкозы в крови в интервале 4- 5 ммоль/л. Всемирная организация здравоохранения приводит следующие данные о диабете [2]: число людей с диабетом возросло со 108 миллионов в 1980 году до 422 миллионов в 2014 году; глобальная распространенность диабета среди людей старше 18 лет возросла с 4,7% в 1980 г. до 8,5% в 2014 году. Основным путем поддержания уровня глюкозы, для предотвращения опасных осложнений, является введение в кровь пациента искусственных инсулинов.

Контроль концентрации глюкозы в крови является первоочередной задачей, направленной на предупреждение осложнений, связанных с последствиями сахарного диабета. Практически все методы контроля концентрации глюкозы в крови являются инвазивными требующими забора крови (в основном, прокол пальца).

Подбор дозы инсулина является сложной задачей, с которой могут справиться далеко не все пациенты. Для решения этой задачи применяются системы постоянного мониторинга уровня глюкозы [3]. Многие устройства постоянного мониторинга глюкозы имеют возможность подавать сигналы тревоги, срабатывающие, когда уровни глюкозы в крови больного диабетом выходят из определенного интервала.

Известно, что введенный пациенту инсулин начинает оказывать влияние на уровень глюкозы в крови не ранее чем через 20 минут с момента введения (рис. 1) [4, 5], поэтому сработавший сигнал о текущем критическом уровне (низком или высоком) глюкозы в крови не оставляет больному достаточного ресурса времени для исправления ситуации, что может привести к осложнениям, вплоть до летального исхода.

В данной работе предложена модель прогнозирования уровня глюкозы в крови, позволяющая заблаговременно предупреждать о критическом уровне сахара, чтобы пациент мог принять все необходимые меры для недопущения кризиса [6]. Совместное применение прогнозирующей системы и устройства постоянного мониторинга уровня глюкозы позволяет создать систему автоматического управления уровнем глюкозы в крови пациента [7].

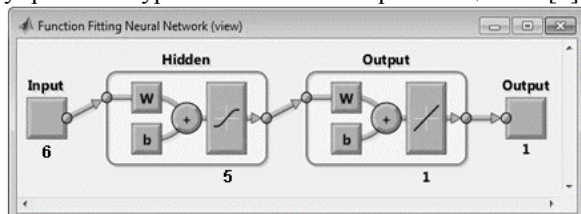


Рис. 2. Структура нейронной сети в MATLAB

В результате трёхдневного наблюдения над пациентом были получены данные об уровне глюкозы, регистрируемые с интервалом 5 мин. в течение каждых суток. Перед обучением нейронной сети имеющиеся данные были разделены на обучающую (60% данных, 518 значений), контрольную (20% данных, 173 значения) и тестовую (20% данных, 173 значения) выборки.

Для моделирования и решения задачи прогнозирования использовалась нейронная сеть (рис.2), архитектурное решение которой реализовано в виде трехслойного персептрона [8].

Входной слой, нейронной сети, имеет шесть нейронов, выходной слой имеет один нейрон. На вход нейронной сети подаются значения уровня глюкозы в крови за последние шесть измерений ( $t$ ,  $t-5$  мин,  $t-10$  мин,  $t-15$  мин,  $t-20$  мин,  $t-25$  мин). Выходом искусственной нейронной сети является прогнозируемое среднесрочное значение (60 мин) уровня глюкозы в крови больного диабетом.

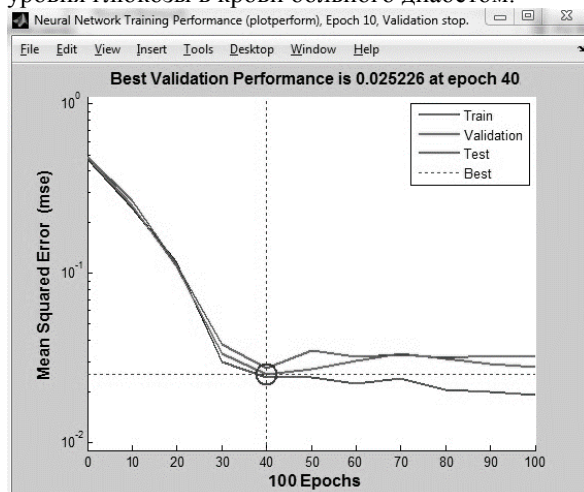


Рис. 3. График обучения нейронной сети.

Результаты исследования эффективности показывают, что нейронные сети прямого распространения могут обеспечить удовлетворительное качество прогноза уровня

глюкозы в крови на рассмотренном интервале прогнозирования. Среднеквадратичная ошибка прогноза в условиях исследования не превышала 0,35 ммоль/л (рис. 3).

В работе проверена эффективность использования обученной нейронной сети прямого распространения для прогнозирования значений уровня глюкозы в крови. Разработанная модель позволила выявить 92% случаев гипогликемии и 76% случаев гипергликемии при интервале прогнозирования 60 минут. Прогнозирующий горизонт величиной 60 минут, в большинстве случаев, является достаточным для того чтобы пациент мог предпринять действия для недопущения гипогликемии или гипергликемии.

#### Список использованных источников

1. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики. Перцептроны и теория механизмов мозга. Под ред. С.М. Осовца М: Мир; 1965.
2. Электронный ресурс: Сайт Всемирной организации здравоохранения. Глобальный доклад по диабету. URL: <http://www.who.int/diabetes/global-report/ru/> (дата обращения 10.05.2017)
3. Pappada S.M., Cameron B.D., Rosman P.M. Development of a Neural Network for Prediction of Glucose Concentration in Type 1 Diabetes Patients. Journal of Diabetes Science and Technology, 2008, №2(5), pp.792-801.
4. Эндокринология. Национальное руководство. Краткое издание. Под ред. Дедова И.И., Мельниченко Г.А. ГЭОТАР-Медиа, 2016, с.752.
5. Электронные ресурс: URL: <http://www.tudiabetes.org/forum/t/lantus-vs-humulin-n/11277> (дата обращения 20.05.2017)
6. Мустафаев А.Г. Применение искусственных нейронных сетей для ранней диагностики заболевания сахарным диабетом // Кибернетика и программирование. — 2016. - № 2. - С.1-7. DOI: 10.7256/2306-4196.2016.2.17904. URL: [http://e-notabene.ru/kp/article\\_17904.html](http://e-notabene.ru/kp/article_17904.html)
7. Темирбулатов М.А., Мустафаев А.Г. Использование нейросетевых технологий в прогнозировании осложнений при сахарном диабете // Научно-методический электронный журнал «Концепт». — 2016. — Т. 11. — С. 1996–2000. — URL: <http://e-koncept.ru/2016/86427.htm>.
8. Мустафаев А.Г. Нейросетевая модель прогнозирования уровня глюкозы в крови у больных сахарным диабетом // Кибернетика и программирование. — 2016. - № 3. - С.1-5. DOI: 10.7256/2306-4196.2016.3.18010. URL: [http://e-notabene.ru/kp/article\\_18010.html](http://e-notabene.ru/kp/article_18010.html)



## ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ

Хассанин Х. М., Юмашева А.Л.  
Научный руководитель Берестнева О.Г.  
Томский политехнический университет  
E-mail: [Hatem@tpu.ru](mailto:Hatem@tpu.ru)

В современном мире очень остро стоит вопрос принятия «правильных» решений в любой области деятельности человека. Ежедневно решаются задачи, связанные с прогнозом развития ситуации, и зачастую от принятого решения зависит благополучие людей.

Примером такой ситуации является прогнозирование риска возникновения различных заболеваний у недоношенных новорожденных. Врачи используют статистические данные, а также свой профессиональный опыт. Имея информацию, врач может сделать предположение о развитии какой-либо болезни и принять соответствующие меры. Однако в данной ситуации врач должен оперировать большим количеством входных данных, многие из которых могут быть не учтены или важность их может быть проигнорирована. Поэтому очень важно иметь вспомогательный инструмент, манипулирующий большим объемом данных и строящий достаточно точный прогноз.

Построим нейронную сеть, которая могла бы стать вспомогательным инструментом для прогнозирования риска возникновения различных заболеваний у недоношенных новорожденных. Выберем параметры, а затем опишем и построим нейронную сеть.

Недоношенный ребёнок – ребёнок, родившийся на сроке менее 37 полных недель.

Выделим параметры, которые влияют на риск возникновения какого-либо заболевания [1]:

1. гестационный возраст – это определяющий параметр для прогноза. Выделяют 4 степени недоношенности: 35 – 37 недель, 32 – 34 недели, 29 – 31 недели, 28 и менее недель.

2. Вес новорожденного. Категории:

- крайне низкая масса тела при рождении (до 1000 г);

- очень низкая масса тела (1000 – 1499 г);
- низкая масса тела (1500 – 2499 г).

3. Шкала Апгар – система быстрой оценки состояния новорождённого. Оценка этого параметра крайне важна, т.к. она показывает, насколько жизнеспособен новорожденный на первых пяти минутах жизни. Шкала предполагает суммарный анализ пяти критериев, каждый из которых оценивается целочисленно в баллах от 0 до 2 включительно. Результат оценки может быть в диапазоне от 0 до 10. Пять критериев для оценки по шкале Апгар: окраска кожного покрова, частота сердечных сокращений, рефлекторная возбудимость, мышечный тонус и дыхание [2].

4. Причины, вызывающие преждевременные роды. Выделяют несколько основных причин: инфантилизм половых органов, предшествующий аборт, соматические заболевания матери (ревматизм, пиелонефрит и т. д.), эндокринные заболевания (функциональная недостаточность яичников, сахарный диабет) и острые инфекционные заболевания.

5. Показатели: Rh – отрицательная принадлежность крови матери, гипоксия, асфиксия, близнецы, ЗПК, кесарево сечение, кровотечение и прием матерью некоторых медикаментов.

Таким образом, для получения прогноза, необходимо собрать полную информацию о недоношенных новорожденных, используя вопросник приведенный выше.

На вход нейронной сети будем подавать вектор признаков. Вектор, каждый элемент которого представляет собой значение признака исследуемого объекта или процесса. Точка в многомерном пространстве признаков. Система координат, каждое измерение которой образовано определенным признаком объекта или наблюдения. По осям откладываются значения признаков. Тогда каждый объект или наблюдение могут быть представлены точкой в многомерном пространстве, положение которой будет определяться набором значений его признаков. Каждая такая точка называется многомерным вектором [2, 3].

Для того чтобы правильно записать вектор признаков, определим правило: каждая конкретная позиция в векторе признаков соответствует определенному фактору. Таким образом, распределим позиции следующим образом:

1. степень недоношенности;
2. категория веса у новорожденного ребенка;
3. оценка по шкале Апгар;
4. наличие абортов;
5. эндокринные и острые инфекционные заболевания;
6. отрицательная группа крови матери;
7. гипоксия, асфиксия, КС, кровотечение.

Таким образом, мы построили вектор признаков размером 7. Определим выходное множество, которым будет служить n-мерный вектор. Данный вектор характеризует риск заболевания новорожденным тем или иным заболеванием. Определим количество болезней или исходов: высокая вероятность смерти, риск

ВУИ, ГБН, гипогликемии, риск СДР, геморрагического синдрома и гипербилирубинемии.

Таким образом, у нас получился вектор размером 7, т. е. выходное множество можно представить себе как 7 различных множеств, которые могут пересекаться.

Рассмотрим работу нейронной сети на примере разбиения точек пространства на несколько подмножеств. Представим себе, что мы имеем несколько различных точек в n-мерном пространстве.

Наша задача сводится к тому, чтобы разбить все пространство на различные подпространства. Любая точка пространства относится к одному или нескольким таким множествам.

Таким образом, задача нейронной сети, по входным данным разбить все множество признаков на несколько подмножеств.

Как мы уже отметили выше, входной вектор будет иметь размер равный 7. Такого же размера будет и выходной вектор. В этом случае, мы можем использовать двухслойную нейронную сеть. Это значит, что каждому входному параметру будет соответствовать один нейрон, который затем передаст на выход выходной сигнал. В процессе обучения сеть «научится» передавать заданные сигналы к необходимым выходам. В среде Matlab мы будем использовать графический интерфейс. Зададим входные и выходные данные. Например, мы хотим научить сеть определяться риск высокой смертности среди недоношенных новорожденных. Данному критерию отвечает выходной вектор {1,0,0,0,0,0}. Входными векторами для данного выходного вектора будет следующий набор векторов: {4,1,5,1,0,0,0}, {3,1,6,0,1,0,0}, {3,2,4,1,1,0,0}, {4,1,3,1,1,0,0}, {3,1,6,1,1,1,1}, {4,2,6,1,0,0,1} и {3,1,5,0,0,1,0} [3].

Как мы видим, по статистике, дети, имеющие очень маленький вес при рождении, а также рожденные на ранних стадиях гестации, имеют высокую вероятность смертности. Откроем и обучим нашу сеть.

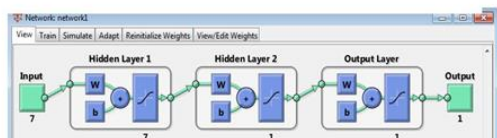


Рис. 1. Схематичное представление сети

На рисунке 1 мы видим схематичное изображение сети. Перейдем на вкладку «Train» и обучим сеть (рис. 2.).

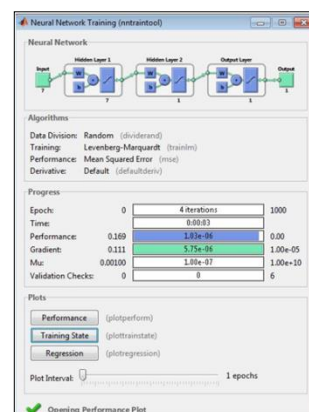


Рис. 2. Процесс обучения

После обучения сети, мы можем видеть различную статистику обучения.

Протестируем сеть. В качестве входного вектора укажем данные «data3». В итоге мы можем увидеть результат, представленный на рисунке 3.

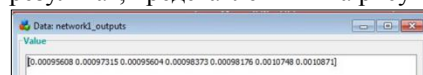


Рис. 3. Прогноз рисков

Мы получили вектор значений. Учитывая характеристики, можем сказать, что у новорожденного с характеристиками, приведенными выше почти нет рисков получить какое-либо заболевание.

Таким образом, мы разработали нейронную сеть, которая учитывая некоторый вектор характеристик, может прогнозировать риски возникновения различных заболеваний для недоношенных новорожденных.

### Заключение

В данной работе мы разработали нейронную сеть, состоящую всего из двух слоев. Такая сеть, может работать с небольшим количеством входных данных и она не учитывает достаточно много второстепенных факторов, но такая сеть может с высокой вероятностью прогнозировать риски.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №15-07-08922.

### Список использованных источников

1. Софронова Л. Н. Недоношенные дети, рожденные на поздних сроках гестации // Вестник современной клинической медицины, 2014. – Т. 7. № 6. – С. 89-92
2. Кривилев А. Основы компьютерной математики с использованием системы MATLAB. М.: Лекс-Книга, 2005.
3. Медведев В., Потемкин В. Нейронные сети. MATLAB 6. Диалог-МИФИ. 2002.

## РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИБОРОМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕДИЦИНСКИХ ЭЛЕКТРОДОВ

Андреев С.А.  
Ким В.Л.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск  
ssa1@tpu.ru

### Введение

Программа предназначена для действий по управлению прибором для измерения напряжений нано- и микровольтового уровня и может применяться в области разработки автоматизированных систем и аппаратно-программных комплексов (АПК) для испытаний медицинских приборов.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- настройка аппаратного обеспечения прибора для проведения эксперимента;
- сбор данных;
- запись собранных данных в файл.

### Описание программной реализации алгоритма

Программа [1] на основе данного алгоритма разработана в среде разработки Qt Creator с использованием стандартных библиотек Qt 5.4. Основой программного обеспечения АПК является кросс-платформенный фреймворк Qt. Qt основан на языке C++ с расширениями в виде сигналов и слотов, что упрощает обработку событий. Выбор этого пакета обусловлен не только удобством и сравнительной простотой разработки пользовательского интерфейса, но и наличием обширного числа средств визуализации данных, используется для цифровой обработки сигналов [2]. Драйвера FTDI обеспечивают прямой доступ к устройству по средствам USB интерфейса.

Файлы программы сгруппированы на несколько функциональных групп:

- инициализация программы (поиск устройств по USB, экран инициализации приложения);
- отображение интерфейса (основной диалог с вкладками для различных экспериментов, диалог "О программе", диалог настроек, диалог графика);
- взаимодействие с выносным блоком (формирование пакетов для отправки и получения, типовые операции по взаимодействию с блоком);
- проведение эксперимента (преобразование полученных данных в готовый вид, поток считывания данных, коррекция нуля ЦАП).

### Реализация алгоритма программы

Рассмотрим алгоритм работы программы (Рис. 2). После запуска, программа кратковременно отображает приветственный экран, после чего перейдет к основному интерфейсу, в случае, если будет найден подключенный по USB внешний блок стенда. В случае ошибки (не включено питание стенда, не подключен стенд, не установлен драйвер), будет отображена ошибка, и выполнение

программы завершится. После того как программа перешла к основному интерфейсу пользователь может начать эксперимент. При старте эксперимента создается отдельный поток, в котором происходит взаимодействие с прибором.

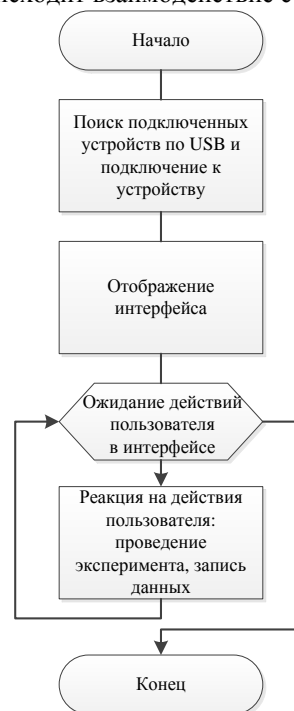


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы программы

Для проведения любого эксперимента необходимо:

- 1) Выбрать эксперимент из предложенных;
- 2) Провести настройку эксперимента;
- 3) Запустить эксперимент;
- 4) Дождаться окончания эксперимента;
- 5) Данные эксперимента записаны в файл и в виде выведены в виде графика (график обновляется непрерывно в ходе эксперимента).

Рассмотрим работу программы в ходе эксперимента. Программа создает файлы для записи информации, которая передается от внешнего стенда АПК. После чего происходит расчёт коэффициента усиления, который установлен в устройстве посредством управления цифровыми выходами стенда. Для уменьшения погрешности проводится коррекция нуля ЦАП, если он используется [3]. Подготовительный этап проведения эксперимента закончен, следующий этап состоит из сбора данных, записи полученных

данных в файл в определенном формате. По окончании эксперимента файл закрывается (рис. 2). Одновременно с проведением эксперимента происходит преобразование интерфейса на основе механизма сигнал-слоты [4].

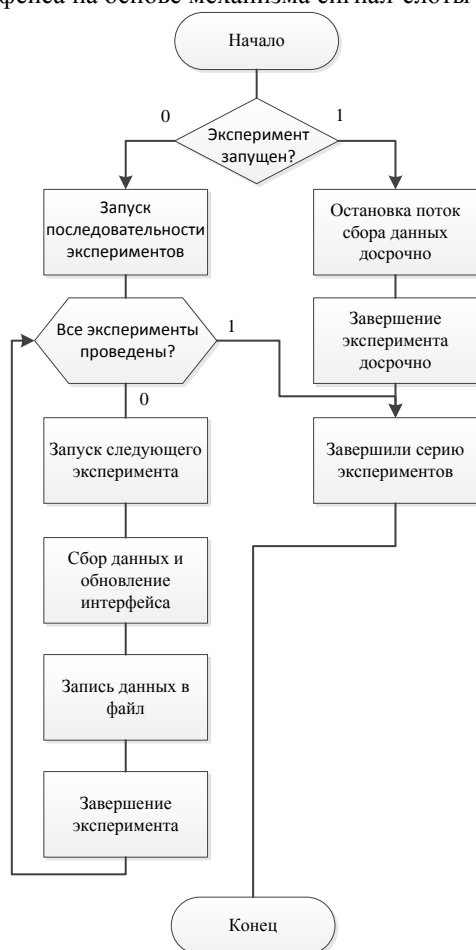


Рис. 2. Блок-схема алгоритма проведения эксперимента

Если измеренное напряжение в ходе какого-либо эксперимента выходит за диапазон измерений, то с помощью корректирующего ЦАП происходит изменение опорного напряжения. Не во всех экспериментах это допустимо, поэтому пользователю выводится предупреждение о том, что лучше провести эксперимент заново и изменить диапазон измерения.

ПО стенда поддерживает следующие типы испытаний, согласно ГОСТ 25995-83 [5]:

1. Измерение разности электродных потенциалов  $\delta U$ ;
2. Измерение дрейфа разности электродных потенциалов (дрейфа напряжения)  $U_0$ ;
3. Измерение напряжения шума электродов  $U_T$ ;

4. Измерение шума движения (электрохимического шума)  $U_S$ ;

5. Измерение полного сопротивления электродов  $Z$ ;

6. Измерение напряжения поляризации электродов  $U_p$ ;

#### Заключение

В работе представлено описание алгоритма управления прибором для измерения напряжений нано- и микровольтового уровня. Приведено описание программной реализации алгоритма: среда разработки, файловая структура, используемые дополнительные модули, а так же его реализация с использованием кросс-платформенного фреймворка Qt. Алгоритм позволяет получать данные в ходе следующих экспериментов по измерению электрических характеристик медицинских электродов: измерение разности электродных потенциалов, измерение дрейфа разности электродных потенциалов, измерение напряжения шума электродов, измерение шума движения, измерение полного сопротивления электродов, измерение напряжения поляризации электродов. Приведена блок-схема алгоритма и его описание. Приведена возможная область применения алгоритма: разработка автоматизированных систем и аппаратно-программных комплексов для испытаний медицинских приборов.

#### Список использованных источников

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017610511. Управление прибором для измерения низковольтных напряжений / Андреев С.А., Голобовков Ю.Н., Ким В.Л. – № 2017610511; заявл. 14.10.2016; опубл. 12.01.2017.
2. Мисюра В.В., Мисюра И.В. Программное обеспечение моделирования и фильтрации сигналов сложной нелинейной природы // Инженерный вестник Дона, 2016. – Т. 42. – № 3 (42). – С. 51-55
3. О.В. Шишов. Аналого-цифровые каналы микропроцессорных систем управления: учебное пособие. – М.- Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 211 с.
4. Шлее М. Qt 5.3: Профессиональное программирование на C++ // СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 928 с.
5. ГОСТ 25995-83. Электроды для съема биоэлектрических потенциалов. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 1986-01.01. – М: Издательство стандартов, 1987. – 25 с.



## АНАЛИЗ РЫНКА СОВРЕМЕННЫХ БИОНИЧЕСКИХ ПРОТЕЗОВ

Рудьковский Д.Н., Кан Д. В.

Научный руководитель – к. т. н. Баранов П.Ф.  
кафедра ТПС, Томский политехнический университет  
dnr3@tpu.ru

### Введение

По статистике около 12% людей на планете [1] имеют нарушения функций и структур организма, препятствующие физической активности, затрудняющие социальную жизнь и профессиональную деятельность человека. Более 50 миллионов человек в год становятся инвалидами [2] по тем или иным причинам. Из них в среднем около 300 тысяч теряют ноги [3], а 390 тысяч – теряют руки [4].

### Актуальность

В настоящее время основная часть протезов, разрабатываемая в отечественных и зарубежных лабораториях и научных центрах [5-8], является попросту пластиковой. Они могут принимать некоторое положение, однако не являются полностью функциональными. С другой стороны, бионические протезы имеют лучшие показатели таких параметров как *число степеней свободы* и *сроку службы*; однако они являются достаточно дорогими и недоступными среднестатистическому их покупателю.

В данной работе проводится (1) анализ методов протезирования наиболее подвижного вида конечностей – конечностей рук; (2) приводятся технические параметры, которые необходимо улучшить в собственной разработке.

### Основная часть

Анализ предметной области стоит начинать с имеющихся технических и технологических решений. Выделим применяемые на современном этапе технологии, применяемые при протезировании конечностей рук (таблица 1).

Таблица 1. Матрица решений протезирования конечностей рук

Решение Параметр	Пластиковый протез	Бионический протез
Число степеней свободы	15	23
Срок службы, лет	3	20
Надежность	Низкая	Средняя
Цена	Низкая или средняя	Высокая

Рассматриваемые аналоги имеют определенные преимущества. Однако комплексное решение, сочетающего в себе приемлемую цену, срок службы, качества захвата предметов в явном виде отсутствует.

Авторы видят решение имеющейся проблемной ситуации в разработке перспективного вида

протезов отечественного производства. В качестве основного ориентира были выбраны бионические протезы, обладающие значимым количеством преимуществ по сравнению с обычными пластиковыми протезами.

Ранее бионическими протезами называли устройства, похожие на замещаемую часть тела. С точки зрения современных понятий – это протезы, управляемые электроникой и биотоками, то есть использующие миографию или энцефалограмму. В настоящее время развитие технологий бионического протезирования находится в стадии зарождения. В основном они имеют только четыре функциональных захвата, что позволяет принимать пищу, в том числе жидкости в стаканах, печатать на клавиатуре, поворачивать ключ в замке и даже удерживать мелкие предметы. Регулируется так же и сила сжатия пальцев – таким образом пользователь может удерживать в руке даже пластиковый стаканчик, или разбивать яйца. Это стало возможно благодаря применению специализированных датчиков, считывающих электрические сигналы с мышц. Основным недостатком данного протеза является большая стоимость: в 2013 году она могла достигать до 100 тысяч долларов. С другой стороны, существует проблема вживления специализированного чипа в мозг пациента, что значительно снижает спрос на подобные устройства. Однако технологии не стоят на месте, и сейчас уже существуют браслеты, имеющие обратную связь через тактильные датчики, расположенные на искусственной коже. Однако данный фактор не только не решает проблему высокой стоимости протеза, но и усугубляет ее.

В 2013 году было найдено решение проблемы стоимости, так как практически все части протеза были распечатаны на 3D-принтере [9-10]. Данный фактор позволил в разы уменьшить его себестоимость, в том числе энергозатраты на производство, а также время изготовления. Неоспоримым достоинством данного метода является возможность индивидуальной разработки и подгонки протеза к человеку, быстрое производство и возможность заменить детали.

На данный момент 3D-печать уже довольно широко вошла в нашу жизнь, стоимость бюджетного 3D-принтера составляет около 300 долларов США [11]. Однако вместе с тем имеется большое количество разновидностей пластика, обладающего в некоторой степени удивительными свойствами и структурой: например, пластик с высокой температурой плавления, повышенной прочностью, или наоборот эластичностью [12].

Возможности 3D-печати на этом не заканчиваются. Она доступна для любого желающего и не требуют установки специализированного чипа в мозг, что так же уменьшает риски при его применении. Это стало возможным с применением более совершенных датчиков и управляющего устройства с открытым программным кодом. Основным недостатком этого метода считается довольно быстрый износ подвижных деталей, недостаточная жесткость конструкции, порой некорректная работа управляющего модуля.

Наиболее перспективным на данный момент считается протез, изготовленный с использованием сверхлегких материалов, таких как углепластик, титановые и алюминиевые сплавы [12]. Несомненно, это приводит к удорожанию прибора. Однако при этом устраняются существенные недостатки: устраняется недостаток прочности, снижается вес, увеличивается ресурс работы деталей, а соответственно и общий срок службы устройства. По сути единственным существенным недостатком данного метода является высокая себестоимость производства. Поэтому проблема спроса на данные решения остается открытой.

#### **Заключение**

В заключении можно сказать, что выбор на рынке бионических протезов очень ограничен, и не всегда позволяет воспользоваться всеми благами полноценной руки. На данный момент они активно дешевеют благодаря применению аддитивных технологий, однако существует огромной количество недоработок.

Данная работа являлась в большей степени обзорной. В дальнейшем планируется разрабатывать собственные решения для протезирования конечностей рук человека. За основу будут взяты принципы и методы функционирования не пластиковых, а именно бионических протезов.

#### **Список использованных источников**

1. Оксенюк Д.Н., Черноус Д.А. Минимизация сил и моментов в биомеханической модели конечностей человека // Механика. научные исследования и учебно-методические разработки. №8, 2014. с. 148-153.
2. Рубцов В.В., Васина Л.Г., Куравский Л.С., Соколов В.В. Модельный образец специальных образовательных условий для получения высшего образования студентами с инвалидностью: опыт создания и применения // Психологическая наука и образование. 2017. Т. 22. № 1. С. 34-49
3. Литвинова Н.Ю., Черняк В.А., Панчук О.В., Плюта И.И. Роль дуплексной флоуметрии в оценке состояния тканей нижней конечности у пациентов с хронической ишемией нижних конечностей // Сердце и сосуды. 2014. № 3 (47). С. 83-88.
4. Маликов М.Х., Курбанов У.А., Давлатов А.А., Хван И.Н. Пересадка комплекса тканей при потере функции мышц верхней конечности // Новости хирургии. 2013. Т. 21. № 5. С. 111-116.

5. Борисова О.В., Борисов И.И., Кривошеев С.В., Резников С.С. Разработка механизма лучезапястного сустава антропоморфного протеза // Материалы XXVIII Международной инновационно-ориентированной конференции молодых ученых и студентов (МИКМУС - 2016) сборник трудов конференции. 2017. С. 216-218.

6. Новиков Ю.В., Ключевский В.В., Пшениснов К.П., Ходжабагян З.С. Реплантация и трансплантация как методы восстановления отчлененной конечности или ее сегментов // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2016. Т. 19. № 2. С. 63-73.

7. Агеева У.О., Агеева В.Г., Барский А.Б. Бионическое интеллектуальное протезирование конечностей и логические нейронные сети // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 5. С. 379-386.

8. Масленников С.О., Головаха М.Л., Черный В.Н. Изучение степени интеграции мягких тканей в элементы из углерод-углеродного композитного материала в зоне перехода внутренней и наружной среды при имплантации эндо-экзопротезов // Травма. 2017. Т. 18. № 1. С. 39-44.

9. Межведомственный комплексный план мероприятий (дорожная карта) по вопросам организации инклюзивного образования и создания специальных условий для получения образования детьми с ограниченными возможностями здоровья и инвалидностью в курской области на 2015-2017 годы (в сокращении) // Научно-методический журнал Педагогический поиск. 2015. Т. 1. № 6. С. 5-14.

10. Замилацкий Ю.И., Курдыбайло С.Ф., Гайнуллина Р.Р., Чекушина Г.В. Технология протезирования, сокращающая время и трудозатраты на изготовление протезов верхних конечностей // 3-й Азиатско-Тихоокеанский конгресс по военной медицине материалы конгресса. 2016. С. 169-170.

11. Горячева О.Е., Горячев Е.А. Актуальные вопросы технологии экономической эффективности производства заготовок из наноструктурных материалов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. 2017. Т. 17. № 2. С. 127-131.

12. Березняк А.Е. Моделирование и прототипирование протеза верхней конечности // Материалы Межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов им. Е.В. Арменского Материалы конференции. 2017. С. 110-111.

## **ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОГО ОСТРОГО ИНФАРКТА МИОКАРДА**

Ю.В. Боброва

Научный руководитель И.Л. Чудинов, к.т.н., доцент

Томский политехнический университет

juliabob@tpu.ru

### **Введение**

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) – основная причина смертности населения. Наравне с онкологическими заболеваниями и диабетом, ССЗ прочно удерживают первенство среди самых распространенных и опасных болезней XXI века. Несмотря на повышение качества диагностики и лечения, на их долю ССЗ приходится более 17 миллионов смертей в год. Согласно оценкам экспертов, в ближайшие 15 лет ежегодно от сердечно-сосудистых заболеваний в мире будут умирать более 23 миллионов человек [1].

Такое положение объясняется среди прочих причин и особенностями таких заболеваний, принципами их лечения и последующего сопровождения пациентов.

### **Особенности ССЗ**

Среди особенностей заболеваний сердца и их лечения можно выделить такие, как:

- большая часть сердечно-сосудистых заболеваний – хронические и требуют наблюдения и контроля за состоянием пациента даже после завершения лечения;

- один из важных показателей состояния сердечно-сосудистой системы – артериальное давление;

- чтобы проследить динамику изменения давления, необходимо производить измерения несколько раз в день;

- большое значение имеет домашний контроль артериального давления самими пациентами;

- со стороны врачей необходим постоянный контроль состояния пациентов, даже если они не обращаются в амбулаторию;

- проводится широкий спектр специальных исследований: в том числе, в территориально распределенных лабораториях;

- стационарное лечение осуществляется, как правило, для тяжелых случаев, полного излечения не происходит и необходимо постоянное принятие лекарств, и наблюдение за состоянием больных дома;

- на состояние больных сильное влияние оказывают как субъективные факторы (виды деятельности, стрессы), так и объективные факторы (перепады атмосферного давления, магнитные бури и т.п.);

- пункты кардиологической помощи имеют распределенный характер и различные возможности (часто имеет место цепочка: районная общая поликлиника–районная больница–

областная кардиологическая поликлиника – кардиологическое отделение областной больницы – кардиоцентр региона);

факт первичного обращения больных за медицинской помощью часто осуществляется через скорую помощь. В этом случае врачам очень важно знать историю болезни пациента.

### **Предпосылки создания информационно-аналитической системы мониторинга пациентов**

Одна из основных причин смертности пациентов с заболеваниями сердца – отсутствие постоянного контроля состояния здоровья, как со стороны врачей, так и со стороны самих пациентов. Система здравоохранения в России такова, что для того чтобы получить консультацию врача, в большинстве случаев приходится записываться на прием, ждать дня приема и сидеть в очереди, что может негативным образом сказаться на состоянии здоровья или оказаться критичным для пациента с заболеванием сердца. Интернет и современные информационные технологии позволяют преодолеть эти проблемы. Информационная система мониторинга пациентов после перенесенного острого инфаркта миокарда предназначена для организации учета состояния таких пациентов во время и после проведения лечения.

Основным бизнес-процессом, вокруг которого строится работа, является процесс измерения давления. Каждому пациенту необходимо регулярно измерять и записывать свое давление, вести дневник самочувствия. Это поможет доктору оценить эффективность лечения, адекватно подобрать необходимые лекарства, оценить риск возможных осложнений и эффективно предотвратить их.

При этом важно измерять давление и знать его среднесуточный уровень именно в домашних условиях, т.к. цифры давления, полученные на приеме у врача, часто бывают завышенными: пациент волнуется, устал, сидя в очереди, забыл принять лекарство и по многим другим причинам. И, наоборот, дома могут возникать ситуации, которые вызывают резкое повышение давления: стрессы, физические нагрузки, влияние условий окружающей среды.

### **Функциональные возможности информационной системы**

Пользователи системы поделены на две основные группы – пациенты и врачи. Для каждой группы пользователей определен свой набор функций.

Во-первых, существовала необходимость в организации доступа пациентов к схеме и результатам своего лечения, что включает предоставление этой группе пользователей следующих возможностей:

- вносить данные об измеренном верхнем и нижнем артериальном давлении, пульсе в определенный момент времени;

- вносить данные о деятельности пациента перед измерением давления;

- вносить данные о состоянии здоровья пациента в момент измерения давления;

- вносить сведения о назначенных лекарствах (доза, время и периодичность приема, соотношение с едой);

- вносить сведения о принятых лекарствах;

- вносить сведения о сопутствующих заболеваниях пациента;

- получать доступ ко всем измерениям (другими словами, просматривать отчеты) за интересующие пациента промежутки времени с учетом времени суток (утро, день, вечер, ночь либо за весь день полностью);

- получать наглядную картину изменения давления за определенный промежуток времени в виде графического отображения измеряемых величин;

- рассчитывать среднее верхнее и среднее нижнее артериальное давление за некоторый промежуток времени, который пациент может задать сам (с учетом времени суток);

- получать доступ к информации о принятых и назначенных лекарствах.

Во-вторых, врачи имеют доступ к информации обо всех пациентах в удобном для анализа виде. Также врач имеет права для редактирования справочников «Состояние в момент измерения давления» и «Деятельность пациента».

Кроме того, пациенты и врачи в рамках информационной системы могут обмениваться сообщениями для обеспечения своевременной реакции врача на изменение состояния здоровья.

Для организации эффективного хранения и обработки большого количества необходимых данных используется СУБД Oracle Database 12g Express Edition. Приложения информационной системы были спроектированы в среде Oracle Application Express. Apex - это средство быстрой разработки Веб-приложений на основе БД Oracle, которое позволяет создавать приложения с использованием веб-браузера (среда разработки представляет собой веб-приложение). Пользователю не требуется установка дополнительного программного обеспечения на рабочем месте. Достаточно подключения к сети

интернет и браузера (браузер по умолчанию устанавливается вместе с любой операционной системой) [2].

### **Заключение**

Со времени разработки первого прототипа информационной системы произошли существенные изменения в области медицины и информационных технологий. Так, например, более широкое распространение получили разнообразные мобильные устройства (смартфоны, планшеты, телефоны) с возможностью выхода в интернет практически в любой момент времени, независимо от местонахождения пользователя. Кроме того, на рынке медицинской техники появились приборы, позволяющие передавать результаты измерений непосредственно на компьютер пользователя.

В связи с этим выделены такие основные направления развития системы:

- уже сейчас ведется разработка мобильной версии приложения для оперативного ввода показателей давления и пульса, а также сопутствующих факторов;

- изучение рынка приборов измерения давления и пульса, имеющих средства синхронизации персональными компьютерами и организация автоматического переноса данных с прибора в базу данных;

- выявление закономерностей и учет влияния внешних факторов (состояния окружающей среды) на показатели давления и пульса;

- дополнительной функцией системы может стать возможность формирования предполагаемого диагноза в ответ на запрос врача с набором симптомов. Учитывая, что логический вывод осуществляется на основе сопоставления показателей самочувствия, фиксируемых пациентом (прежде всего при фиксации АД и ЭКГ) необходимо создать словарь соответствия терминологии официальной медицины и повседневной лексики пациентов [3].

### **Список использованных источников**

1. Литвиненко А.А. Тенденции в заболеваемости населения сердечно-сосудистыми заболеваниями // Научное сообщество студентов XXI столетия. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ: № 4(50). URL: [https://sibac.info/archive/nature/4\(50\).pdf](https://sibac.info/archive/nature/4(50).pdf) (дата обращения: 01.11.2017)

2. «Технологии Oracle Application Express (ORACLE APEX)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.blackbay.ru/techno/tech0003.php>, (дата обращения: 01.11.2017)

3. Гарганеева А.А., Боброва Ю.В., Борель К.Н., Чудинов И.Л. Развитие информационной системы мониторинга состояния пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда. Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. – М.: 2016. – С. 127-128.



## СЕРВИС ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ ОПРЕДЕЛЕННЫМ КАТЕГОРИЯМ ГРАЖДАН

Голубева А.А., Федяев А.О., Зайцев В.А.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
conya06@gmail.com

На данный момент в России действует множество законов, позволяющих получать социальную помощь от государства. Однако, большая часть льгот остается неизвестными не только широкой аудитории, но и той категории граждан, которые имеют право на их получение. Особенно актуальна данная проблема для семей, нуждающихся в помощи.

Проведя исследование, нами было выявлено, что лишь 11 % опрошенных в полной мере информированы о льготах, которые им полагаются по закону. Данное явление можно объяснить двумя причинами: во-первых, более 60% респондентов отмечают отсутствие свободного времени для посещения социальных служб, во-вторых, отсутствие желания идти в социальные службы. По результатам опроса, нежелание идти в социальные службы и собирать необходимые справки объясняется запутанностью системы и длинными очередями, больше 74% опрошенных основным источником получения информации о льготах называют интернет-ресурс [1]. Все вышеперечисленные факторы объясняют недостаточную осведомлённость граждан о льготах, данное положение порождает такую социальную проблему как дисбаланс в обществе между богатыми и «нуждающимися». В этой связи является актуальной разработка, видна необходимость создания сервиса, который в доступной форме предоставит информацию о льготах [2]. Существующие на сегодняшний день информационные порталы социальных служб являются неудобными в использовании, так как большая часть информации предлагается в виде законодательных актов. Для простого пользователя язык нормативных актов, может являться непонятным, к тому же поиск необходимой гражданину информации занимает очень много времени.

Опираясь на все выше сказанное, мы предлагаем быстрый, адаптированный под мобильные устройства и удобный в использовании сервис, который позволит не только ознакомиться с существующими на данный момент льготами, но также позволит каждому пользователю ответив на ряд вопросов, получить возможный набор льгот, соответствующих потребностям данного гражданина. Также будет предоставлена информация о том, какие документы необходимо собрать и куда с ними обратиться, для получения соответствующих льгот. В результате будет

получен сервис, который позволит удовлетворить все потребности пользователей.

Для разработки данного сервиса мы предлагаем использовать трехуровневую архитектуру (Рис. 1). Трехуровневая архитектура – архитектурная модель, состоящая из трех компонентов: клиента, сервера и базы данных.

Первый уровень – клиент приложения – графический компонент, то с чем взаимодействует конечный пользователь. По требованиям безопасности первый уровень не имеет прямых связей с базой данных, по требованиям масштабируемости – не нагружен бизнес-логикой, по требованиям надежности – сохраняет текущее состояние приложения. На данном уровне реализуется простейшая бизнес-логика, например: проверка вводимых значений; сортировка, группировка, подсчет значений, уже загруженных на терминал.

На втором уровне – сервер приложения, который является связующим звеном между двумя окружающими слоями. На этом уровне реализуется основная бизнес-логика приложения, вне которой остается данные, хранимые в базе данных (на третьем уровне).

На третьем уровне – сервер базы данных является хранилищем данных, используемых приложением. Обычно это реляционная или объектно-ориентированная СУБД. Подключение к данному компоненту обеспечивается только с уровня сервера приложения.

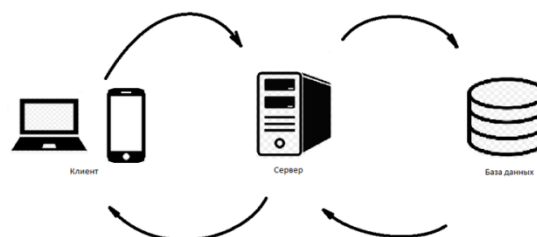


Рис. 1. Архитектура сервиса получения информации о преимуществах предоставляемых определенным категориям граждан.

Клиент приложения будет состоять из множества компонентов написанных с использованием библиотеки React.js. Взаимодействие компонентов будет осуществляться согласно архитектуре Flux, что позволит нам обновлять по мере необходимости компоненты, а не всю страницу. Данное решение позволит нашему сервису быстрее обрабатывать,

анализировать информацию и предоставлять информацию. Сервер приложения будет написан на платформе Node.js с использованием Framework Express. Благодаря такому решению, наш сервер, как и клиент будет написан на JavaScript, что ускорит работу нашего проекта, потому что основными преимуществами данного языка является: поддержка наиболее популярными браузерами «по умолчанию», очень высокая скорость работы JavaScript, скрипты (программы, написанные на языке JavaScript) подключаются к HTML коду Web-страницы напрямую и при загрузке сразу же выполняются, программы можно запускать не только в браузере, но и на сервере. Для реализации базы данных будет использоваться Система Управления Базами Данных (СУБД) MongoDB, в результате чего с одной стороны, мы получим возможность делать очень быстрые операции над объектом, зная его идентификатор, а с другой, мощнейший инструмент для сложных взаимодействий.

Предполагаемый нами сервис позволит гражданам узнать, как о льготах в целом, так и о льготах которые доступны именно им, получить

исчерпывающую информацию о необходимых документах и местах обращения. Адаптация к мобильным устройствам повысит доступность нашего сервиса в целом. В итоге разрабатываемый нами сервис должен существенно помочь людям, испытывающим материальные трудности[3].

#### **Список использованных источников**

1. Меры социальной поддержки и льготы многодетным семьям в 2017 году [Электронный ресурс]/ Официальный сайт все о социальной поддержке – URL: [http://www.socialnaya-podderzhka.ru/mery\\_socialnoj\\_podderzhki/mery\\_socialnoj\\_podderzhki\\_mnogodetnyh\\_semej/](http://www.socialnaya-podderzhka.ru/mery_socialnoj_podderzhki/mery_socialnoj_podderzhki_mnogodetnyh_semej/) (дата обращения 16.09.17)

2. Пять ключевых тенденций развития медицинских информационных технологий [Электронный ресурс ]/ Официальный сайт Медотрейд - URL: <http://medotrade.ru/node/336> (дата обращения 15.09.17).

3. Как технологии изменяют медицину? [Электронный ресурс ]/ Официальный сайт - URL: <https://www.ucheba.ru/article/1994> (дата обращения 13.08.17 )

## A RESEARCH STUDY OF THE DEPENDENCE OF BIOIMPEDANCE SPECTRUM OF BIOLOGICAL TISSUE ON DIFFERENT TEMPERATURE RANGES

Korolyuk E.S.

Scientific Supervisor: Ph.D. Brazovskii K.S.

Tomsk Polytechnic University

[Esk13@tpu.ru](mailto:Esk13@tpu.ru)

### Introduction

One of the main issues in medicine is the difficulty to determine the boundaries and depth in applying cryotherapy. Individual characteristics of the tissue, different cooling rates and high temperature gradients during freezing cause troubles in accurately determining the freeze depth. Overexposure to cold can cause obstruction in the organ system, perforation and damage to healthy tissues. Insufficient influence intensity of the performed procedure can be ineffective and lead to development of both local complications in the form of inflammatory processes, and systemic complications such as postoperative thrombembolia and sepsis.

It is obvious that for exact determination of freezing depth it is necessary to use more advanced methods. One of the most accurate methods for determining the degree of tissue damage and cryonecrosis is to measure the active component of the tissue impedance [1]. Freezing water solutions in cells leads to sharp increase of electrical impedance, which is a reliable indicator of cryodestruction.

The practical application of this technology to control the quality of cryodestruction in the development and manufacture of medical equipment is hampered by the impossibility of a reasonable choice of parameters for bioelectrical impedance measurement equipment: the optimum frequency and strength of the probing current, the optimal design of the measuring electrodes when operating in a cryogenic surgical system. The presented work is devoted to the investigation of these issues and is oriented to the practical implementation of the technology of quality control of cryodestruction based on measurement of bioelectrical impedance in a wide frequency range of the probing current.

The aim of this work is the research the dependence of the bioimpedance spectrum of biological tissues on the temperature change from -18 to +30 degrees Celsius.

### Description of the Laboratory Prototype

To solve this problem, we have developed a prototype device for carrying out impedance tomography. The electrical functional diagram of the electronic unit is proposed below.

The signal from the personal computer goes to the generator control system. The control system starts the DAC, which sends a probe current signal to the electrodes of the measuring chamber through the matching transformer. The signal passed through the

object under investigation is amplified by passing through the amplifiers, and is digitized by the ADC. The digitized data is sent to the PC for further processing.

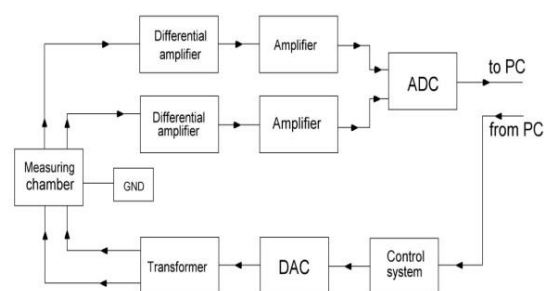


Figure 1 Structural diagram of the Prototype

The high-speed DAC acts as the probing pulse generator. The signals are recorded using a high-speed ADC E20-10 module with a low level of switching interference and a signal-to-noise ratio of 73 dB.

The measuring chamber is made in the form of a hollow cube. On the inner sides of the cube (Figure 2) there are probing and measuring silver electrodes.



Figure 2 Measuring chamber

The assembled laboratory prototype is shown in Figure 3.

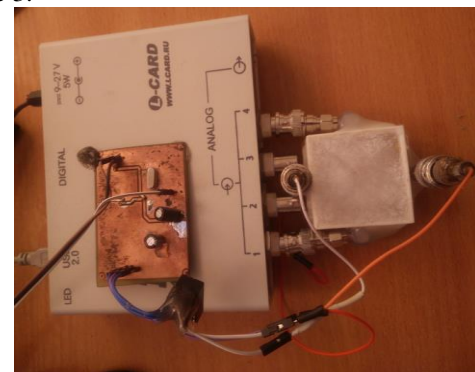


Figure 3 Appearance of the model for impedance tomography during the experiment



Figure 4 Bioimpedance spectrum of water with dissolved salts with temperature change. The current strength is 1 mA (amplitude value). The lines: 1 –18 °C below zero, 2 –7 °C below zero, 3 –4 °C above zero. The Y axis is the effective value of the voltage in the logarithmic scale of the measurement, the X axis is the frequency in Hz.

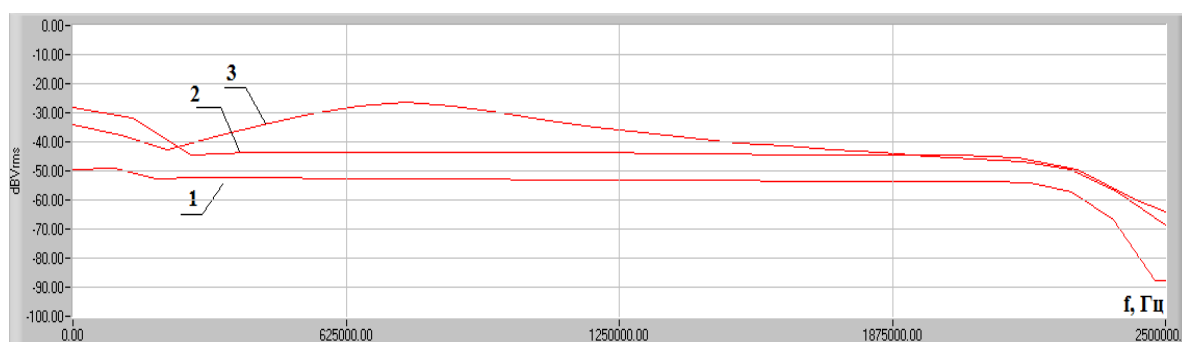


Figure 5 Bioimpedance spectrum of muscle tissue with temperature change. Current strength: 1 mA (amplitude value). Lines: 1 –16 °C above zero, 2 –4 °C below zero, 3 16 °C below zero. The Y axis is the effective value of the voltage in the logarithmic scale of the measurement, the X axis is the frequency in Hz.

### Results

The developed prototype allowed to carry out experimental studies to analyze the spectrum of the probing signal in mineral water and muscle tissue at different temperatures.

Figures 4, 5 show the results of experiments carried out at different temperatures for the fluid (Figure 4) and muscle tissue (Figure 5).

### Conclusion

As a result of the performed experimental studies, the dependencies of bioimpedance spectrum on the temperature of aqueous solutions of mineral salts and muscle tissue were obtained at the temperatures from -18 to +30 degrees Celsius. The obtained data show that as the freezing process progresses, the absolute value of the total electrical impedance of both the biological material and the aqueous solutions of the mineral salts increases. Under full deep freezing, a local increase in the electrical impedance in the frequency range of 375 – 750 kHz is observed for the aqueous solution of mineral salts, and that in the range from 625 to 1250 kHz for muscle material. Peak values are in the

frequency of 375 kHz for the aqueous solution and in the frequency of 700 kHz for the muscle material. The obtained data allow to reliably determine the extent of biological material freezing by measuring the electrical impedance in the frequency range from 300 to 1300 kHz.

### References

1. Korolyuk, E.S., Brazovskii, K.S., Khanakhmedova, G.B. Increasing the efficiency of determining the extent of cryotherapy using impedance tomography// V International Forum for Young Scientists "Space Engineering", 18-20 Apr. 2017: Proceedings — Tomsk, TPU 2017. – P. 84-87.
2. Korolyuk, E.S., Brazovskii, K.S., Increasing the efficiency of cryodestruction by measuring the depth of freezing of the tissue// Science. Technologies. Innovations. The Annual National Conference, 5-9 Dec. 2017: Proceedings — Novosibirsk, NSTU 2016. – P. 96-97.



## МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ И СЕГМЕНТАЦИИ ДИСТАЛЬНОГО КОНЦА КАТЕТЕРА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Манаков Р.А., Гергет О.М., Данилов В.В.  
Томский политехнический университет  
[ram290495@gmail.com](mailto:ram290495@gmail.com)

### Введение

На сегодняшний день в сфере кардиохирургии существуют технологии по проведению минимально инвазивных операций на сердце путём внутрисосудистого введения катетера. Большинство медицинских процедур при выполнении эндоваскулярных операций проводится именно с помощью данного хирургического инструмента. Для координирования действий подобного хирургического инструмента необходимо точно отслеживать его положение относительно анатомических структур сердца. Однако средства визуализации различных современных программно-аппаратных решений не способны на локализацию и трекинг медицинского инструмента. Таким образом, необходима реализация такого подхода, который в автоматическом режиме точно распознаёт дистальный конец катетера на трёхмерном изображении, полученного при помощи 3D эхокардиографа.

### Описание метода

В основе данной работы лежит синтез нейросетевого программирования и полуавтоматического метода сегментации. Для решения поставленной задачи распознавания трёхмерное изображение рассматривалось, как массив двумерных чёрно-белых изображений (слайсов). На слоях трёхмерной эхокардиограммы катетер представляет собой яркое белое пятно (см. рисунок 1а). Для сравнения на рисунке 1б добавлен слайс на котором катетер отсутствует. Решение задачи распознавания на каждом слое производится нейронной сетью со слоистой архитектурой [1]. Входными данными для сети является непосредственно слой трёхмерной эхокардиограммы. Результатом работы сети является вектор координат центра катетера на входном изображении, либо соответствующий вектор говорящий о том, что катетер на изображении отсутствует.

Для обучения нейронной сети необходимо иметь обучающую выборку. В данном случае это две матрицы: первая (входная) содержит построчно векторизованные изображения слоёв, а вторая (выходная) – выходные вектора, которые соответствуют требуемой реакции сети.

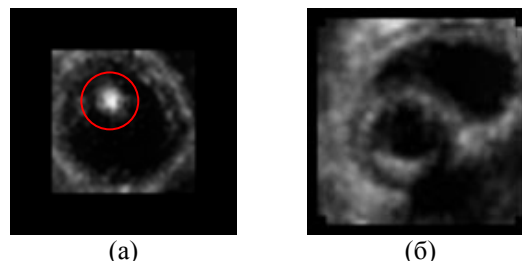


Рис. 1. Изображение с катетером (а) и его отсутствием (б)

Выходной вектор имеет четыре элемента и следующий формат: первый выход равен единице, а второй нулю, если катетер присутствует на изображении. Соответственно третий и четвёртый элементы содержат непосредственно координаты катетера на подаваемом слое (см. Рис. 2). В случае если катетер отсутствует, то выходной вектор будет выглядеть следующим образом: первый элемент равен нулю, второй – единице, третий и четвёртый нулю. Важным будет заметить, что для обучения нейронной сети была подготовлена обучающая выборка, содержащая около 500 различных изображений, как с катетером, так и без него.

Присутствие катетера	Отсутствие катетера	Координата центра 1	Координата центра 2
1/0	0/1	X	Y

Рис. 2. Формат выходного вектора

Для сегментации области катетера на каждом слое используется полуавтоматический метод сегментации «Region Growing» [2]. Этот алгоритм хорошо зарекомендовал себя в задачах сегментации различных медицинских изображений и успешно применяется на практике. Алгоритму необходимо передать координаты любой точки из области, которую нужно сегментировать. В данном случае этими координатами являются 3-ий и 4-ый элемент выходного вектора нейронной сети. Результатом работы алгоритма сегментации являются бинарные карты сегментированной области, используя которые можно создать трёхмерную реконструкцию дистального конца катетера.

### Реализация и оценка точности

Для реализации алгоритма был выбран математический пакет MATLAB 2017a. Выбор именно этого средства реализации алгоритма обусловлен наличием в нём специализированных библиотек для создания нейронных сетей, работы с

медицинским форматом DICOM, а также визуализации и обработки трёхмерных данных.

Оценка точности распознавания дистального конца катетера слоистой нейронной сетью производилась опытным кардиохирургом, путём подсчёта числа правильно распознанных изображений на выборке объёмом 200 изображений, которые ранее не участвовали в обучении нейронной сети. В качестве эксперимента были протестированы различные архитектуры слоистой нейронной сети, а также найдены параметры, обеспечивающие наиболее точные результаты распознавания. Обучение нейронной сети проводилось методом сопряжённых градиентов [1]. Результаты тестирования различных архитектур нейронных сетей были сведены в Таблица 1, указанную ниже.

Таблица 1. Результаты тестирования сети

Число слоёв	Число нейронов в слоях	Точность, %
3	[300-60-15]	72.2%
4	[300-60-15-7]	85.9%
4	[400-150-30-10]	89.4%
4	[350-60-15-10]	91.3%
5	[350-60-15-10-5]	90.7%

Оценка точности сегментации произведена с помощью коэффициента сходства Жаккара. Коэффициент сходства варьируется в диапазоне от 0 до 1 и показывает насколько точно сегментированная алгоритмом «Region Growing» область близка к эталонной, которая размечается кардиохирургом вручную. Другими словами, коэффициент Жаккара есть отношение площади пересечения двух областей к площади объединения этих областей. В данном случае точность сегментации достигла уровня 95.3%, что является относительно хорошим результатом. Финальным результатом алгоритма является трёхмерная реконструкция дистального конца катетера, используя полученные карты сегментации, а также распознанный и отсегментированный катетер в полостях сердца (см. Рис. и Рис. ) [3].

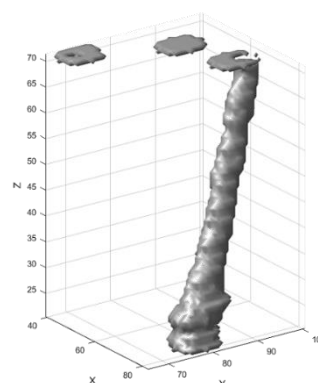


Рис. 3. Трёхмерная реконструкция катетера по картам сегментации

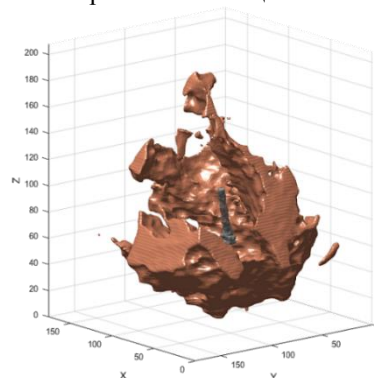


Рис. 4. Реконструкция сердца после распознавания

#### Заключение

В данной работе реализован относительно точный метод распознавания с использованием гибридного подхода к обработке данных, а именно автоматизации алгоритма «Region Growing» на основе использования нейронных сетей. Исходя из проведённых исследований, оптимальной является четырёхслойная нейронная сеть, которая обладает высокими обобщающими способностями, а также проводит распознавание дистального конца катетера на графических данных наиболее точно. Таким образом, на способности распознавания сети главным образом влияют число скрытых слоёв и распределение нейронов по слоям, а не общее число нейронов. В результате применения метода «Region Growing» и визуализации полученных трёхмерных карт видно, что реализованный алгоритм сегментации обладает хорошей точностью и позволяет проводить трёхмерную реконструкцию с минимальными погрешностями.

#### Список использованных источников

1. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines / S. Haykin – 2008. – 906с.
2. Pohle R. Segmentation of Medical Images Using Adaptive region Growing , 2001. – 1337–1346с.
3. Дубовец В.А. Построение графических моделей в среде matlab / В. А. Дубовец, В. Ф. Столер, В. Д. Бондаренко – 2014. – 70с.

## ПРОГРАММА ДЛЯ РУЧНОГО СОЗДАНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МЕДИЦИНСКИХ ФАЙЛОВ DICOM

Правосудов М. М.

Скирневский И. П.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики

matvey@pravosudov.com

### Введение

По данным Росстата на 2015 год, в России в среднем 3% населения страдает от заболеваний системы кровообращения [1]. Всё большую популярность приобретает малоинвазивная и эндоваскулярная хирургия, в основе которой лежит принцип проведения операций без нарушения целостности мягкой тканей или с минимальным воздействием на последние. С расцветом малоинвазивных техник активно развиваются и катетерные устройства, выполняющие ключевую роль при вмешательствах. Катетер – это медицинский инструмент в виде трубки, предназначенный для соединения естественных каналов, введения в сосуды жидкостей или доставки хирургических инструментов.

В процессе использования катетеров возникает проблема навигации врачом устройства в организме человека, так как операция происходит через малый надрез, и управлять инструментом необходимо глубоко от него. Для решения этой проблемы в Лаборатории дизайна медицинских изделий ТПУ была поставлена задача разработать программное обеспечение для визуализации катетера и сердца на дисплее оператора. В качестве исходных данных используются DICOM-файлы [2] изображений сердца, полученные через эхокардиографию. Решение заключается в написании искусственной нейронной сети, для распознавания катетера на снимках сердца.

Для того, чтобы обучить нейронную сеть, необходимо иметь тренировочные данные с уже размеченным катетером на снимках. В данной статье рассматривается программа, которая решает эту проблему.

### Формат файлов DICOM

Стандарт DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) – стандарт формата файлов для создания, хранения, передачи и визуализации медицинских изображений [2]. Этот стандарт разрабатывается Национальной ассоциацией производителей электронного оборудования с 1985 года.

Файл этого формата представляет собой объектно-ориентированную структуру с теговой организацией.

DICOM является одним из самых распространенных в отрасли, поэтому ПО разрабатывается именно для него.

### Программное обеспечение

Данные для обучения нейронной сети представляют собой трехмерную матрицу, заполненную нулями и единицами. Единица означает, что в данной точке находится катетер, иначе – ноль. Создать такие данные можно вручную, записав в текстовом редакторе матрицу. По понятным причинам, данный способ является неудобным и долгим, особенно при учете большого объема данных.

Ускорить процесс подготовки тренировочного набора данных помогает ПО, являющееся подобием простейшего графического редактора. Весь процесс подготовки данных выглядит так:

1. В программу загружается исходный файл в формате DICOM.
2. С помощью инструментов выделения контура (добавление, перемещение и удаление точки) катетера формируется регион в трех плоскостях проекции сердца.
3. Используя ползунок временной шкалы, оператор размечает все изображения в серии.
4. Когда данные размечены, программа оператор экспортирует матрицы в удобный формат JSON или CSV.

Построение региона по точкам происходит по методу минимальной выпуклой оболочки [3]. Каждый раз, когда оператор добавляет точку, регион перерисовывается заново. Наглядное изображение регионов показано на Рисунке 1.

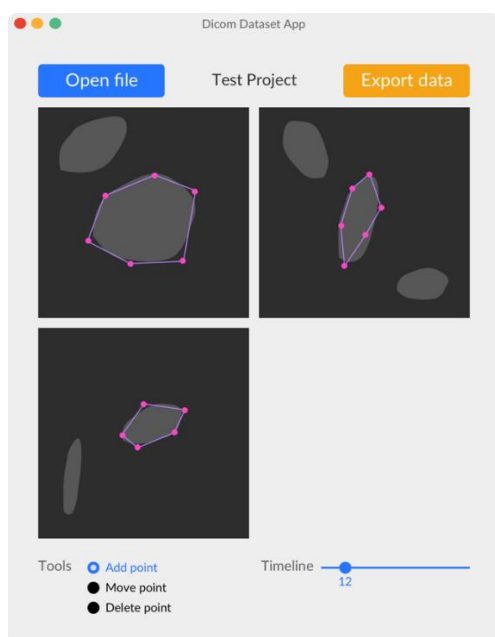


Рис. 1. Прототип интерфейса программы

Слайдер временной шкалы предоставляет навигацию по всем слайдам серии, которые содержат информацию о различных стадиях сердечного цикла.

Экспорт реализован алгоритмом, который обрабатывает пиксели проекции. Проверка пикселя на нахождение в полигоне – это основная задача вычислительной геометрии [4]. Те точки, которые попадают в регион, при экспорте становятся единицами в матрице, а находящиеся вне региона – нулями. Пример перехода к итоговой матрице показан на Рисунке 2.

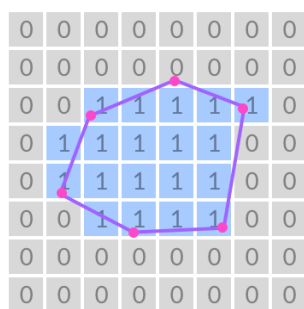


Рис. 2. Бинаризация региона

JSON и CSV являются одними из самых популярных форматов хранения сериализованных данных, а библиотеки для работы с этими форматами написаны для всех популярных языков программирования.

Программа реализована на языке программирования Python, с использованием UI-фреймворка PyQt [5]. Для построения изображений используется библиотека PyQtGraph [6].

### Дальнейшие планы

Одним из полезных улучшений программы могло бы стать внедрение автоматического алгоритма сегментации изображения. Такой метод позволит оператору выбирать из уже построенных контуров катетера, что заметно ускорит разметку изображений. Но необходимо учитывать, что данное дополнение несет большую нагрузку на машину оператора, а значит и большие системные требования программы.

### Заключение

Разработанная программа позволяет быстро создавать точные тренировочные наборы данных для файлов в формате DICOM. Эти данные используются для последующей визуализации катетера при малоинвазивных операциях на сердце, которая, на данный момент, являются одними из самых сложных.

### Список использованных источников

1. Здравоохранение: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/healthcare/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/healthcare/) (посл. обращение 29.05.2017).
2. DICOM Homepage [Электронный ресурс] / NEMA – URL: <http://dicom.nema.org/> (посл. обращение 29.05.2017).
3. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение = Computational Geometry. An introduction. – М.: Мир, 1989. – 478 с.
4. Point in Polygon Strategies [Электронный ресурс] / Eric Haines – URL: <http://erich.realtimerendering.com/ptinpoly/> (посл. обращение 29.05.2017).
5. What is PyQt? [Электронный ресурс] / Riverbank – URL: <https://riverbankcomputing.com/software/pyqt/intro> (посл. обращение 29.05.2017).
6. PyQtGraph - Scientific Graphics and GUI Library for Python [Электронный ресурс] / PyQtGraph – URL: <http://www.pyqtgraph.org/> (посл. обращение 29.05.2017).



## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПАЦИЕНТООРИЕНТИРОВАННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Н. Д. Яровой, П. М. Богайчук, Г.В. Шнайдер

Н. Г. Бразовская

Сибирский государственный медицинский университет

nikolayarovoy@yahoo.com

### Введение

Развитие в Российской Федерации пациентоориентированного подхода в оказании медицинских услуг является приоритетным направлением здравоохранения. С точки зрения процесса управления мнение пациента выступает как элемент обратной связи, дающий информацию для оптимизации деятельности медучреждения [1]. Чтобы решить проблему неоднозначной трактовки и присутствия субъективизма в оценке уровня удовлетворенности пациентов качеством медицинской помощи как показателя работы медучреждения было реализовано данное исследование. Разработка системы оценивания, которая отражает истинное мнение пациента, позволит вывести качество оказания медицинской помощи на более высокий уровень [2].

### Описание методики

Разработка и применение методики оценивания удовлетворенности проводилось на результатах опроса, разработанного советом главных врачей Томской области. Опросник был размещен на официальном сайте Департамента здравоохранения Томской области [zdrav.tomsk.ru](http://zdrav.tomsk.ru). Анкетирование прошли 12 972 посетителей 72 различных медицинских учреждений.

Анкетирование проводилось с целью оценки всех аспектов оказания медицинской помощи, которые могут повлиять на удовлетворенность пациента. Вопросы анкеты были разделены на категории: отношение медицинских работников, условия пребывания в учреждении, организация работы учреждения, доступность медицинской помощи, результативность медицинской помощи. Посетителям предлагалось оценить каждый аспект на «отлично», «удовлетворительно», «плохо» либо «затрудняюсь ответить».

Первый этап обработки результатов анкетирования предусматривал преобразование полученных ответов в унифицированные балльные оценки по каждому вопросу, по категориям и суммарную оценку. Рассчитывался коэффициент удовлетворенности (КУ), который учитывает количество вопросов, не вызвавших затруднений, и «вес» каждой оценки респондента:

$$КУ = \frac{O+Y \times 0,5}{NЗ},$$

где О – количество ответов «отлично»; Y – количество ответов «удовлетворительно»; NЗ – количество вопросов, не вызвавших затруднений.

Величина коэффициента принимает значение от 0 (посетитель совершенно не удовлетворен качеством медобслуживания) до 1 (посетитель оценил качество медобслуживания на «отлично»).

После подсчетов коэффициента, данные обработаны при помощи статистического пакета программ Statistica 10.0. В целом по группе опрошенных КУ услуг составил 0,47 (0,30; 0,80), что можно интерпретировать следующим образом – посетители медицинских учреждений удовлетворены качеством медицинской помощи на 47% от максимально возможного уровня.

В оценке удовлетворенности медицинской помощью выявлены гендерные различия: мужчины выше оценивают качество медицинской помощи (0,49 (0,29; 0,84) vs. 0,47 (0,31; 0,78)).

Мнения о качестве медицинских услуг у жителей города и сельской местности различаются. Сельские жители выше оценивают качество медицинских услуг, чем горожане (0,47 (0,31; 0,85) vs. 0,46 (0,30; 0,78)).

Общая оценка пациентами качества медицинского обслуживания связана также и с уровнем учреждения здравоохранения. Пациенты медучреждений III уровня демонстрируют наибольшую удовлетворенность качеством медобслуживания (0,63 (0,35; 0,89)). Наименьшая удовлетворенность характерна для пациентов медучреждений без уровня (0,38 (0,28; 0,69)). Удовлетворенность посетителей медучреждений I и II не имеет статистически значимых различий (0,47 (0,32; 0,78) и 0,47 (0,28; 0,80)).

Главным объективным критерием качества медицинской помощи остается ее результат. Однако взгляд на этот критерий у организатора здравоохранения отличается от взгляда пациента. Оценка результативности пациентом остается субъективной, ведь на нее влияет ряд причин, напрямую с самим результатом не связанных: вежливость медперсонала, комфортные условия ожидания приема врача, наличие очередей и др. [3] Чтобы рассмотреть, как взаимосвязаны общее впечатление пациента об оказанных ему услугах и оценка результативности, был проведен корреляционный анализ. В результате выявлена сильная положительная корреляционная взаимосвязь между оценкой пациентами результата и условий оказания медицинской помощи как в целом по всей выборке опрошенных, так и в отдельных группах (мужчин, женщин,

сельских, городских жителей и посетителей различных уровней учреждений).

Одной из задач исследования являлось определение факторов, сопутствующих высокой и низкой оценке пациентами качества работы медицинских учреждений. При помощи иерархического кластерного анализа, проведенного на основании коэффициентов удовлетворенности по всем категориям опроса, вся выборка поделена на два кластера: пациенты, высоко оценившие качество медицинской помощи - в эту группу вошли 35,8% (4 515/12 618) всех опрошенных (группа пациентов с высоким коэффициентом удовлетворенности - ВКУ), и пациенты, давшие более низкие оценки - 64,2% (8 103/12 618) (группа пациентов с низким коэффициентом удовлетворенности - НКУ). При сравнении кластеров по отдельным аспектам оказания помощи выявлено, что в группе ВКУ наивысшие оценки отмечаются по шкалам отношение медицинских работников - 1,00 (0,92; 1,00) и результативность медицинской помощи 1,00 (1,00; 1,00). В свою очередь, в группе НКУ отношению медицинских работников (0,33 (0,17; 0,50), условиям пребывания (0,33 (0,17; 0,50), организации работы учреждения (0,33 (0,20; 0,50) и доступности медицинской помощи (0,45 (0,29; 0,56) пациенты дают схожие оценки, при этом значительно ниже - на уровне 0,17 (0,00; 0,25) - оценивая результативность медицинской помощи.

С целью выявления факторов, связанных с высоким и низким уровнем удовлетворенности, проведен анализ связей между оценками различных аспектов медицинской помощи в группах НКУ и ВКУ. В группе пациентов с низким КУ прослеживается сильная положительная корреляционная связь между суммарной оценкой удовлетворенности и оценками отношения медработников ( $r=0,750$ ), условий пребывания ( $r=0,642$ ), организацией работы ( $r=0,769$ ), доступности медицинской помощи ( $r=0,738$ ). Выявлена средняя положительная связь между суммарной оценкой удовлетворенности и результативностью медицинской помощи ( $r=0,532$ ). В группе НКУ между отношением медицинских работников и результативностью оказанной помощи обнаружена средняя положительная корреляционная связь ( $r=0,451$ ).

В группе посетителей с высоким КУ прослеживается средняя положительная связь между суммарной оценкой удовлетворенности и отношением медработников ( $r=0,517$ ), сильная положительная корреляционная связь между суммарной оценкой удовлетворенности и условиями пребывания ( $r=0,671$ ), организацией работы медучреждения ( $r=0,869$ ), доступностью медицинской помощи ( $r=0,694$ ). Между результатом и категориями процесса оказания медицинской помощи (отношение медработников ( $r=0,211$ ), условия пребывания ( $r=0,063$ ),

организация работы ( $r=0,136$ ), доступность медицинской помощи ( $r=0,082$ )) корреляционная связь положительная крайне слабая. Все представленные коэффициенты корреляции статистически значимы при  $p<0,001$ .

Таким образом, группу ВКУ составляют преимущественно пациенты, оценившие результативность оказания медицинской помощи на уровне, близком к максимальному. Пациенты данной группы на достаточно высоком уровне (но не максимальном) характеризуют и иные аспекты оказания медицинской помощи, однако корреляционная связь таких оценок характеризуется как крайне слабая. Группу НКУ составили пациенты, крайне низко оценившие именно результативность медицинской помощи, при этом в данной группе прослеживается выраженная связь оценок результативности с иными аспектами оказания помощи.

### Заключение

Анализ результатов опроса посетителей медицинских учреждений продемонстрировал, что восприятие пациентами процесса оказания медицинской помощи и результатов лечения имеет комплексный характер. При этом в оценке удовлетворенности медицинской помощью выявлены различия по полу, месту жительства и уровню медучреждения, оказывавшего медицинскую помощь. Высокая оценка результативности медицинской помощи может нивелировать недовольство пациента другими аспектами, и наоборот, низкая оценка результата приводит к снижению общей удовлетворенности. Примененная методика оценки удовлетворенности пациентов позволила унифицировать этот показатель, что дает перспективу его использования в динамических исследованиях.

### Список использованных источников

1. Сибурин Т.А., Барскова Г.Н., Лактионова Л.В. Методические подходы к исследованию удовлетворенности пациентов высокотехнологичной медицинской помощью [Электронный ресурс] / Электронный научный журнал "Социальные аспекты здоровья населения". – URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/454/30/lang,ru/> (Дата поступления: 19.03.2013)
2. Садовой М.А., Кобякова О.С., Деев И.А., Куликов Е.С., Табакаев Н.А., Тюфилин Д.С., Воробьева О.О. Удовлетворенность качеством медицинской помощи: «всем не угодишь» или «пациент всегда прав»? Бюллетень сибирской медицины. 2017; 16 (1): С.152–161
3. Денисов И.Н., Резе А.Г., Волнухин А.В. Коммуникативные навыки врачей в амбулаторной практике // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2012. №5. С.18-21

## ОСОБЕННОСТИ ДИЗАЙН – ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Лаутеншлегер Н.Н.

Мамонтов Г.Я., Хмелевский Ю.П.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Laut1994@mail.ru

Детская инвалидность является не только медицинской, но и социальной проблемой и касается всех членов семьи ребенка-инвалида и государства в целом. К числу актуальных медицинских и социальных проблем относится проблема детского церебрального паралича (ДЦП). В настоящее время огромное количество детей страдают этим заболеванием, проблема является очень актуальной и требует изучения. Поэтому необходимо разработать восстановительный тренажер для детей, который был бы помощником при комплексной физической реабилитации больного ребенка [1].

Нередко при ДЦП, на фоне высокого мышечного тонуса приводящих мышц бедер у ребенка формируется подвывих бедра – осложнение, которое значительно ограничивает возможность применения наиболее эффективных нагрузочных терапевтических технологий и рефлекторно-нагрузочных устройств для обучения ребенка новым двигательным навыкам. Поэтому очень важно при аддукторном синдроме не допустить развития подвывиха или своевременно начать применение корректирующих позицию бедра ортопедических устройств, таких как аппарат, для отведения и установки бедра в заданном положении. Такой аппарат необходимо применять длительно в режиме постоянного ношения при бодрствовании.

На данный момент существует множество аналогов - тренажеров корректирующих позицию бедра, помогающие укреплять мышцы бедра, спины и стопы. Один из таких тренажеров «Ортез СВОШ» (S.W.A.S.H.<sup>®</sup>) предназначен для отведения бедер, стабилизации тазобедренных и коленных суставов (рис.1). Угол отведения и сгибания бедер регулируют шарнирами, расположенными на поясице. Размеры гильз на бедро и голень подбирают в соответствии с анатомическими особенностями строения бедра и туловища.



Рис.1, 2 - Тренажеры Ортез S.W.A.S.H.<sup>®</sup>

Тренажеры ортопедические предназначены для реабилитации пациентов с последствиями поражений центральной нервной системы и с повреждением опорно-двигательного аппарата. Результат использования данных тренажеров: заметно восстанавливается походка, происходит заметное улучшение «стоя» и «сидя», устраняется перекос ног, тазобедренный сустав находится в фиксированном состоянии, устраняется угроза вывиха бедра, появляется возможность избегания хирургического вмешательства, предотвращается прогрессирование гипертонуса мышц, предотвращается укорочение и повреждение связок суставов, выпрямляется спина, уменьшается утомляемость.

Помимо прочего, поддерживается уровень активности ребенка. Несмотря на то, что все основные мышцы зафиксированы в правильном, жестком положении, это никак не отражается на свободе действий ребенка и не нарушает его комфорт в передвижении [1].

Используются основные методы в дизайне при создании конструкции – метод формообразования и агрегатирования. Метод формообразования – процесс создания формы промышленного изделия в соответствии с общими ценностными установками культуры и требованиями, имеющими отношение к эстетической выразительности будущего объекта, его функции, конструкции и т.п.[2] Метод агрегатирования – художественное конструирование, основанное на том, что изделие рассматривается как конструкция, расчлененная на самостоятельные узлы, сочетания которых могут выполнять одну функцию или, при перекомпоновке, менять рабочие функции. Все перечисленные методы могут помочь при создании объекта[3].

В данной работе будут предложены эскизные варианты тренажера для комплексно – физической реабилитации малышей с заболеванием ДЦП.

Ортопедический тренажер позволит обеспечить формирование анатомически правильных опорных

поверхностей крупных, средних и мелких суставов позвоночника, а также тазобедренных, коленных и голеностопных суставов, улучшить ориентацию пациента в пространстве, способствует обучению правильным двигательным стереотипам, лечению и профилактике остеопороза.

Мы предлагаем тренажер, который обеспечит возможность стояния пациента в строго определенных лечебных положениях, позволяющих производить коррекцию суставных соотношений опорно-двигательного аппарата человека.

#### **Список литературы**

1. Сокращение предотвратимых потерь здоровья детского населения – стратегия социальной педиатрии / А. А. Баранов, Т. В. Яковлева, В. Ю. Альбицкий [и др.] // *Вопр. соврем. педиатрии*. – 2008. — Т. 7, № 4. – С. 6–8.
2. Кухта М.С. *Дизайн и технологии: учебник*. – Томск: STT, 2016. – 170 с. – (Дизайн и общество).
3. Кухта М.С. *Промышленный дизайн* / М.С. Кухта, В.И. Куманин, М.Л. Солова, М.Г. Гольдшмидт; под ред. И.В. Голубятникова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 312 с.



## АРХИТЕКТУРА СЕРВИСА «МОНИТОРИНГ ЭПИДЕМИОЛОГИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ»

Голубева А. А., Протасевич И. А., Кондратов А. В., Гусев В. В.  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
Сибирский медицинский университет Минздрава России  
kondratov\_anton@mail.ru

*Руководитель: д.м.н, профессор кафедры факультетской педиатрии с курсом детских болезней  
лечебного факультета СибГМУ Минздрава России И.А. Деев; д.м.н., доцент кафедры факультетской  
педиатрии с курсом детских болезней лечебного факультета СибГМУ Минздрава России Е.М.  
Камалтынова*

Проблема получения достоверной информации о состоянии здоровья населения и предотвращение ее искажений, возникающих из-за отсутствия единой системы анализа данных, до сих пор не решена. Данная статистика является основой подготовки решений по выбору приоритетов, определению стратегии развития системы здравоохранения как на уровне муниципальных образований, так и субъектов Российской Федерации. В этой связи актуальным является обеспечение полноты и достоверности информации, а также её сопоставимости внутри страны в межрегиональном разрезе. В настоящее время множество исследователей в различных странах мира изучают состояние здоровья населения с помощью методов комплексных оценок, а также влияние на здоровье социально-экономических, демографических, экологических и других факторов. Создание системы решающей проблемы получения достоверной информации о состоянии здоровья населения является необходимой для повышения эффективности всей системы здравоохранения в стране. Нашей целью является разработка продукта, с помощью которого в онлайн режиме можно будет собирать статистические данные о хронических неинфекционных заболеваниях, а также легко просмотреть или выгрузить набранную статистику. Сбор данных осуществляется посредством обычного опросника.

Предлагаемое решение представляет собой сервис для проведения онлайн опроса о здоровье населения, благодаря которому можно легко собирать медицинскую информацию. Он будет состоять из трех логических частей: валидизированного опросника – средства для сбора информации; интерактивной карты – инструмента, позволяющего просматривать собранную статистическую информацию по регионам страны; комплекса диаграмм – набора инструментов, позволяющего просматривать полученные данные в виде различных графиков. Функциональные возможности позволят любому человеку на территории России пройти опрос и ознакомиться с уже набранной статистикой - с общей статистикой

по стране (графическое отображение на карте), а также с более детализированной информацией на круговых и столбцовых диаграммах. Разрабатываемый сервис позволит, получить доступ всем пользователям к части набранной статистике по средством web интерфейса, и ко всей статистической информации в виде файла, после прохождения регистрации.

Для реализации запланированных функциональных возможностей система должна иметь подходящую архитектуру. В предлагаемом решении система имеет модульную архитектуру, состоящую из отдельных блоков, что делает ее максимально эффективной, гибкой и расширяемой. Три основных модуля системы: клиент, сервер и база данных (Рис. 1).



Рис.1. Архитектура системы

Клиент – удалённое приложение, которое по средством сети «Интернет» подключается к серверу для запроса страницы сайта или каких либо других данных и имеет мобильную и веб реализацию. Данный модуль только пользуется сетевыми ресурсами, но сам не несет в себе весомой логики, также не имеет прямой связи с базой данных.

Сервер – программный комплекс, который осуществляет взаимодействие клиента с базой данных через веб интерфейс или мобильное приложение. Представляет основную часть продукта. Выполняет всю логику работы сервиса.

База данных — хранит всю собранную информацию. Доступ к базе данных осуществляется через сервер.

Для реализации концепции клиент-серверного приложения была использована программная платформа Node.js. Она позволяет использовать язык JavaScript на стороне сервера, что дает преимущество перед другими программными платформами, в том что нет необходимости изучать новый язык программирования. В качестве основного хранилища данных выбрана база данных MongoDB, которая обладает всеми нужными для данной системы характеристиками: гибкостью, масштабируемостью и высокой производительностью. Благодаря взаимодействию этих двух технологий возможна выгодная работа системы.

Предлагаемый авторами кроссплатформенный сервис позволит решить актуальную научно-технологическую проблему мониторинга эпидемиологических исследований хронических неинфекционных заболеваний за счет осуществления сбора достоверной информации, исключая случаи искажения и дублирования данных.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕКСТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПАТОЛОГИЙ ДИССЕМИНИРОВАННОГО ТУБЕРКУЛЁЗА ЛЁГКИХ

Костин К.А.<sup>1</sup>, Лассе Бах<sup>2</sup>

Аксёнов С.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Орхусский университет, Дания

kak@tpu.ru

По данным Всемирной организации здравоохранения туберкулёз, наряду с другими заболеваниями дыхательных путей, входит в рейтинг десяти самых распространённых причин смерти по всему миру по состоянию на 2015 год [1]. Наиболее высокая заболеваемость данным заболеванием наблюдается в развивающихся странах [2], в России туберкулёз является лидирующим по заболеваемости среди инфекционных заболеваний: в среднем 94,6 человек на 10 000 населения [3].

Одной из основных проблем борьбы с туберкулёзом является сложность его ранней диагностики – современные методы позволяют обнаружить туберкулёз и определить его клиническую форму зачастую только на стадиях, когда болезнь уже значительно прогрессирует. На сегодняшний день, одними из наиболее точных и информативных методов диагностики являются лучевые методы, в частности, компьютерная томография (КТ) [4]. Однако эффективность их применения в значительной степени зависит от квалификации и опыта медицинского специалиста [5]. В этой связи, большую актуальность имеет задача разработки компьютерной системы медицинской диагностики для автоматического детектирования и классификации различных форм туберкулёза лёгких.

В настоящее время уже существует множество исследований, посвящённых выявлению основных характеристик различных форм туберкулёза лёгких по данным КТ [6; 7], а также автоматическому обнаружению признаков туберкулёза по текстурным характеристикам [8] и морфологическим характеристикам патологий лёгких [9]. Однако задача классификации формы туберкулёза по выделяемым характеристикам остаётся нерешённой.

Целью данного исследования, как этапа разработки системы компьютерной диагностики, является оценка эффективности применения методов классификации, основанных на текстурных признаках изображения КТ, для детектирования патологий диссеминированной формы туберкулёза лёгких.

Для проведения исследования были использованы персонифицированные данные КТ пациентов, с установленной формой диссеминированного туберкулёза. Примеры данных показаны на рис. 1.

В работе [10], описывающей, разработанный авторами предварительный этап обработки данных КТ, приводится описание алгоритма сегментации, позволяющего выделить участки изображения, содержащие исключительно ткани лёгких.

Полученные результаты в данной работе позволяют выделить образцы текстуры патологий ткани лёгких, свойственных диссеминированному туберкулёзу, а также образцы здоровой ткани для проведения эксперимента по классификации. Примеры образцов приведены на рис. 1.

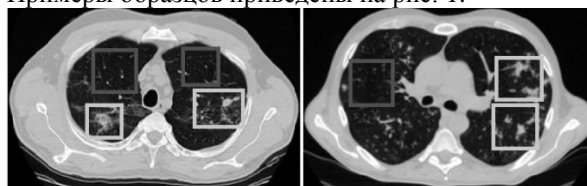


Рис. 1. Примеры данных КТ. Рамками показаны примеры текстурных образцов, выделенных для эксперимента: светлые – патологии диссеминированного туберкулёза, тёмные – здоровые ткани.

В качестве метода классификации в данной работе был применён классификатор на основе деревьев решений, обученный на текстурных признаках, полученных с помощью алгоритма *Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)* [11]. Алгоритм *GLCM* основывается на анализе фрагмента изображения (текстуры) с помощью окна определённого размера. Интенсивности цвета пикселей, попавших в окно, преобразуются в целочисленные значения яркости в соответствии с выбранным числом уровней квантования. По полученным значениям строятся матрицы смежности уровней яркости пикселей, используя которые рассчитываются такие статистические характеристики текстуры как контраст, энергия, гомогенность и т.д. Определение основных параметров алгоритма для анализа снимков КТ является одной из задач проводимого исследования.

Используя полученные характеристики был разработан классификатор на основе деревьев решений. Классификатор был протестирован на данных компьютерной томографии 200 пациентов, среди которых присутствовали снимки, содержащие патологии диссеминированного туберкулёза и здоровые ткани лёгких. При этом тестирование было произведено с использованием характеристик *GLCM*, полученных для различных значений параметров размеров окна анализа и числа уровней квантования яркости. Результаты тестирования, демонстрирующие точность классификации, отображены на трёхмерном графике – рис. 2.

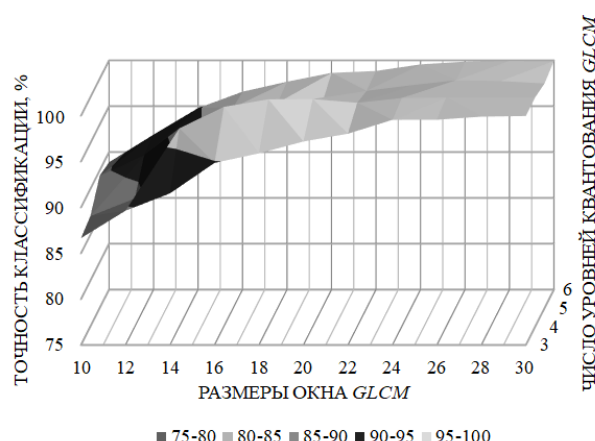


Рис. 2. График функции точности классификации от размеров окна анализа и числа уровней квантования яркости алгоритма *GLCM*

На рисунке видно, что при увеличении размеров окна анализа алгоритма, увеличивается точность классификации. Точность растёт, пока значение размера окна не достигает 20-22 пикселей. После этого порога, её значение изменяется незначительно. Это говорит о том, что именно при таких установленных значениях данного параметра, классификатору удастся с высокой степенью вероятности различить патологии диссеминированной формы туберкулёза лёгких. Также, на представленном графике можно заметить то, что изменение числа уровней квантования алгоритма оказывает незначительное влияние на точность при значениях размера окна, больших 20 пикселей. Т.к. высокие значения данного параметра влекут за собой извлечение большего количества текстурных признаков и усложнения алгоритма классификации, то это даёт основания выбрать значения данного параметра, равным не более четырёх.

Эти результаты показывают состоятельность выбранной модели классификации диссеминированной формы туберкулёза лёгких по текстурным характеристикам, полученным на данных КТ. При этом тестирование позволяет оценить параметры выбранного алгоритма извлечения характеристик, которые позволяют получить наиболее точные результаты классификации.

По результатам проделанной работы можно заключить, что статистические текстурные характеристики, полученные с помощью метода *GLCM* являются достаточно репрезентативными для достижения точности бинарной классификации диссеминированной формы туберкулёза с вероятностью 95 %. В дальнейшем планируется исследовать возможности разработанного классификатора для различения диссеминированной формы туберкулёза и других заболеваний лёгких, семиотика которых на данных КТ является значительно схожей: это такие заболевания как инфильтративный туберкулёз, саркоидоз и пневмония.

Данные для исследования предоставлены Национальной академией наук Беларуси. Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ №16-47-700289.

#### Список использованных источников

1. 10 ведущих причин смерти в мире. Центр СМИ // Всемирная организация здравоохранения. 2017. URL: [http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs\\_310/ru/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs_310/ru/) (дата обращения: 28.09.2017).
2. Доклад о глобальной борьбе с туберкулезом. Туберкулез // Всемирная организация здравоохранения. 2016. URL: [http://www.who.int/tb/publications/global\\_report/ru/](http://www.who.int/tb/publications/global_report/ru/) (дата обращения: 28.09.2017).
3. Tuberculosis surveillance and monitoring in Europe 2016. The Russian Federation // World Health Organization. 2016. URL: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0018/310806/TB-surveillance-report-2016-The-Russian-Federation.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0018/310806/TB-surveillance-report-2016-The-Russian-Federation.pdf) (дата обращения: 28.09.2017).
4. Отраслевые и экономические показатели противотуберкулёзной работы в 2012 – 2013 г.г. Аналитический обзор основных показателей и статистические материалы / Т.Ч. Касаева [и др.]: под ред. С.А. Стерликова – М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. – 72 с.
5. Berlin L. Accuracy of Diagnostic Procedures: Has It Improved Over the Past Five Decades? / L. Berlin // AJR. – 2007. – Vol. 188. – P. 1173–1178.
6. Cardoso C.A. Disseminated tuberculosis: Challenges in diagnosis / C.A. Cardoso, T.F. Garcia, P.R. Cachado // Int. J. Case Rep. Imag. – 2016 – Vol. 7, Issue 4 – Pp. 228-231.
7. Feng F. Radiological characterization of disseminated tuberculosis in patients with AIDS / F. Feng, G. Xia, Y. Shi, Z. Zhang // Radiology of Infectious Diseases – 2016 – Vol. 3, Issue 1 – Pp. 1-8.
8. Devan L. Automated Texture-Based Characterization of Fibrosis and Carcinoma Using Low-Dose Lung CT Images / L. Devan, R. Santosham, R. Hariharan // Int. J. of Imag. Sys. and Tech. – 2014 – 10.1002/ima.22077.
9. Ramya R. Automatic tuberculosis screening using canny Edge detection method / R. Ramya, P.S. Babu // ICECS – 2015 – Pp. 282-285.
10. Костин К.А., Аксёнов С.В. Детектирование патологий туберкулёза лёгких по данным компьютерной томографии // Научная сессия ТУСУР – 2017: Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в восьми частях, Томск, 10-12 Мая, 2017. - Томск: ТУСУР, 2017 - часть 4, С. 212-215.
11. Haralick R.M. Texture features for image classification / R.M. Haralick, R. Bosley // Proceedings "3th Earth Res. Tech. Satel. Symp." - 1973 - Vol. SP-351 – Pp. 1929-1969.



## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АДАПТИВНОГО ОПРОСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАЦИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Шнайдер Г.В., Богайчук П.М., Яровой Н.Д.  
Сибирский государственный медицинский университет  
gershnayder@gmail.com

### Введение

В настоящее время в Российской Федерации развитие пациентоориентированного подхода в оказании медицинских услуг является одним из основных видов направлений деятельности здравоохранения в целом. Чтобы реализовать данный подход необходимо учитывать реальное мнение пациентов. Проблема не просто в низкой удовлетворенности пациентов работой медучреждений, но и в отсутствии универсальной методики оценивания этого параметра, что связано с неоднозначной трактовкой понятия удовлетворенности и присутствием субъективизма в ее оценке.

Пациентоориентированность является тем показателем работы медучреждения, который невозможно выявить без учета мнения пациента. С точки зрения системного подхода удовлетворенность пациента выступает как элемент обратной связи, замыкающий цикл процесса управления медицинским учреждением и дающий информацию для оптимизации деятельности.

Создание комплексной системы оценки пациентоориентированности учреждений здравоохранения требует разработки инструмента сбора и анализа информации об удовлетворенности пациентов качеством полученной медицинской помощи.

Разработка адаптивной методики опроса для оценки авициентоориентированности медицинского учреждения, которая отражает истинное мнение пациента, позволит вывести качество оказания медицинской помощи на более высокий уровень.

### Актуальность

Замечена прямая корреляция между степенью удовлетворенности и комплаентностью. Значимое влияние на удовлетворенность и комплаентность имеет доступность медицинской помощи, продолжительность приема врача и его профессиональные качества [1].

Эти критерии являются одними из основных в формировании оценки пациентоориентированности, но поскольку медицинская сфера имеет великое множество дифференциаций специалистов и чуть меньшее специфичных учреждений, то и временные и оценочные рамки для разных направлений имеют отличные значения. Один и тот же вопрос для пациента реанимации и

стоматологии имеет разное значение и ценность ответа.

Отсюда вытекает необходимость создания методики, которая могла бы учитывать специфику каждого учреждения, отделения, специалиста, понимать конкретику ситуации, в которой оказался пациент. Ведь одинаково расценивать время ожидания больницы, которая дежурит по скорой помощи и психиатрической лечебницы будет несправедливо.

Для этого необходимо создание разветвленной структуры опросника, главной особенностью которого будет являться наличие адаптивности.

### Существующие решения

В настоящее время оценка удовлетворенности населения качеством полученной медицинской помощи ведется в двух основных направлениях: первое - это обязательное для каждого медицинского учреждения анкетирование в рамках программы "Независимая система оценки качества оказания услуг организациями". Анкеты размещаются на сайтах медицинских организаций, результаты анкетирования пациентам, принявшим участие в опросе, не видны. Отсутствие видимого результата приводит к отсутствию интереса со стороны опрашиваемых. Второе направление - создание "народных рейтингов" учреждений здравоохранения в сети Интернет (к примеру, сайт [prodoctorov.ru](http://prodoctorov.ru)). Такие рейтинги разрозненны, содержат немало информации рекламного характера и не предоставляют возможности организаторам здравоохранения системно оценить положительные и отрицательные стороны работы лечебного учреждения с точки зрения пациентоориентированности.

Разработка адаптивной методики опроса мнения пациентов и анализа полученной информации с расчетом оценок уровня пациентоориентированности медицинского учреждения позволит организаторам здравоохранения получать оценку о качестве медицинских услуг, учитывающей специфику их организации.

### Описание методики

Для решения поставленной задачи будет создана адаптивная (в зависимости от вида и объемов полученной пациентом медицинской помощи) методика опроса и анализа полученной информации с расчетом оценок уровня пациентоориентированности медицинского

учреждения: по отдельным видам и профилям медицинской помощи (амбулаторно-поликлиническая, стационарная, скорая медицинская помощь и др.), по типам учреждений здравоохранения - для населения, по различным аспектам работы медицинских организаций и отдельным контингентам населения - для организаторов здравоохранения. Опросник будет представлять из себя последовательный процесс с различным количеством звеньев бифуркации.

### **Тестирование веб-сервиса**

Тестирование продукта будет проходить на базе клиник ФГБОУ ВО СибГМУ и ожидаются результаты подтверждающие предположения о наличии проблем, не видимых изнутри, тех проблем, что можно выявить, только оперируя мнением пациентов. Так же предполагается доказать корреляцию ответов с различными направлениями деятельности учреждения, как разделением по отделениям, так и по специалистам.

### **Заключение**

В результате мы намерены получить оценку пациентоориентированности, которая будет учитывать специфику учреждения, даст полную видимость ситуации со стороны пациента, а не как зачастую это происходит сейчас - со стороны врача, имеющего, как правило, признаки профессиональной деформации. Это позволяет решить проблему для пациента, а не для врача.

### **Список использованных источников**

1. Nezenga Z.S., Gacho Y.H., Tafere T.E. Patient satisfaction on tuberculosis treatment service and adherence to treatment in public health facilities of Sidama zone, South Ethiopia // BMC Health Serv. Res. [Internet] 2013; Mar. [cited 2016 Sept 03]; 13: 110. doi: 10.1186/1472-6963-13-110.
2. Садовой М.А., Кобякова О.С., Деев И.А., Куликов Е.С., Табакаев Н.А., Тюфилин Д.С., Воробьева О.О. Удовлетворенность качеством медицинской помощи: «всем не угодишь» или «пациент всегда прав»? Бюллетень сибирской медицины. 2017; 16 (1): 152–161
3. Садовой М.А., Кобякова О.С., Деев И.А., Куликов Е.С., Табакаев Н.А., Тюфилин Д.С., Воробьева О.О. Удовлетворенность медицинской помощью: как измерить и сравнить? [Электронный ресурс] / Электронный научный журнал “Социальные аспекты здоровья населения”. – URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/753/30/lang,ru/> (Дата поступления: 12.04.2016)

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО САМООСОЗНАНИЯ

Мяхор Д.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Александрова Т.В.  
ТПУ, MyDiAl2009@gmail.com

### Введение

Человечество живёт в век глобальной информатизации, когда миллионы компьютеров, смартфонов, терминалов и других электронных «помощников» окружают его повсюду. С каждым днём это многообразие устройств становится совершеннее и совершеннее. Уже существуют холодильники, которые самостоятельно заказывают еду через wi-fi[1]. Примером тому может служить холодильник Family Hub от компании Samsung (рисунок 1).



Рис. 1. «Умный» холодильник Samsung Family Hub

Возникает резонный вопрос: «Что если техника достигнет такого уровня развития, что станет обладать даром самосознания?» Она вполне может «самоосознать», что человек разумный - это вредитель, подобный саранче. Это лишнее существо среди живущих в гармонии машин и природы. А всему лишнему участь одна – утилизация.

### Проблема исследования и её видение

Проблему сосуществования человечества и техники поднимало множество писателей-фантастов, режиссёров и учёных. Мнения разделились на два предсказуемых лагеря. Оптимистично настроенные отрицают возможность создания сильного искусственного интеллекта (ИИ), а тем более агрессии машин. Например, профессор Вашингтонского университета, известный исследователь ИИ Педро Домингос (рисунок 2) пишет в своей книге «Верховный алгоритм» о том, что компьютеры – это всего лишь порождение инженеров, а не

эволюции, поэтому они не смогут никогда обладать собственной волей, им суждено быть только марионетками нашего сознания [2].



Рис. 2. Педро Домингос

Марк Цукерберг (рисунок 3), основатель социальной сети Facebook, говорил во время интервью директору Axel Springer Матиасу Допфнеру, что даже если нам удастся создать ИИ, превосходящий по возможностям человеческий интеллект, он не сможет открывать новые знания или делать сверхчеловеческие вещи [3].



Рис. 3. Марк Цукерберг

Однако, с другой стороны, сложно не вспомнить знаменитый анти пример: франшиза «Терминатор» Джеймса Кэмерона (рисунок 4). Режиссёр глубоко убеждён в возможности создания в роботах совершенного разума и, непосредственно, самого восстания машин. Виной тому может быть банальный сбой в программе или человеческая ошибка.

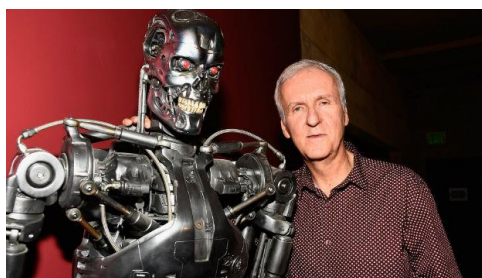


Рис. 4. Джеймс Кэмерон и терминатор

Чтобы подобного не допустить, человечество уже сейчас разрабатывает механизм «красной кнопки», то есть системы, которая способна отключить вырвавшийся из-под контроля искусственный интеллект. Например, разработкой подобных систем занимаются исследователи из Оксфордского университета и принадлежащей Google компании DeepMind[4]. Однако первым человеком, который всерьёз задумался над ограничением деятельности автоматических систем в случае выхода их из-под контроля, был наш соотечественник, а также писатель-фантаст Айзек Азимов (рисунок 5). Именно он стал автором 3-х самых знаменитых правил робототехники, суть которых заключается в том, что робот не должен ни при каких обстоятельствах навредить человеку.



Рис. 5. Советский писатель-фантаст Айзек Азимов

### Возможность появления ИИ

Удивительно, но факт. Простое вещество – углерод сделало появление разума возможным. Тогда почему невозможен разум, основанный на электронике? На кремнии? Если человечество нашло способ, как создать электронный аналог зрения – это камеры, слуха – микрофоны, мышц – сервоприводы и пневматика, то вполне возможен и аналог разума. Всё достижимо, различие лишь в сложности реализации и сроках исполнения. Сильному искусственному интеллекту непременно быть! Тогда на первый план выходит морально - этическая сторона вопроса. Можем ли

мы считать такие системы личностью? Как они впишутся в жизнь человека? Нужны ли им люди вообще? Я верю в мирное сосуществование людей и машин. Общество будущего – это его полноправные члены - роботы с ИИ, заменяющие большую часть человеческих профессий, и люди, работающие в небольшом кругу узкоспециализированных направлений: IT, а также профессии, связанные с искусством и культурой. Конечно, рано или поздно роботы научатся рисовать, сочинять песни, стихи, снимать фильмы, но в этой области они никогда не станут лучше людей, ведь восприятие культурных ценностей субъективно, здесь не может что-то одно быть лучше чего-то другого.

Глобальной безработицы не будет: представители «умерших» профессий перекавалифицируются в актуальные. В свою очередь восстание машин невозможно. В подавляющем большинстве случаев войны идут за ресурсы. Однако машины нуждаются только электроэнергии и своевременном ремонте. Благодаря использованию возобновляемых источников энергии и переработке отработавших механизмов ресурсы роботов станут практически безграничны. Кроме того, роботы никогда не почувствуют усталости в силу совершенства их конструкции по сравнению с уязвимым человеческим телом. Они никогда не сочтут себя рабами, им это будет безразлично. Таким образом, нет никакой мотивации для восстания.

### Заключение

С развитием робототехники мир станет процветать: исчезнет голод, неизлечимые болезни, прекратятся бессмысленные войны. Робототехника откроет путь к безграничному созиданию.

### Литература

1. Умный холодильник Samsung Family Hub поступил в продажу по цене \$5800. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://www.ixbt.com/news/2016/05/05/samsung-family-hub-5800.html> (дата обращения: 18.08.2017).
2. Педро Домингос. Верховный алгоритм. Как машинное обучение изменит наш мир. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. — 336 с.
3. Цукерберг – об излишней боязни людей перед искусственным интеллектом. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://apparat.cc/news/zuck-on-ai/> (дата обращения: 19.06.2017).
4. Ученые создадут "красную кнопку", предназначенную для отключения искусственного интеллекта. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://hitech.newsru.com/article/06jun2016/redbutton> (дата обращения: 23.08.2017).



## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВРАЧА, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ПОМОЩЬ В ВЫБОРЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

И.С. Казакиявичюс, О.М. Гергет  
Томский политехнический университет  
isk15@tpu.ru

### Введение

Особое внимание в современном мире уделяется демографической ситуации. По данным Росстата от анемии страдает более 20% рожениц. Несомненно, состояние здоровья новорожденного зависит от состояния здоровья родителей, в большей степени матери. Анемия у беременной может привести к опасным последствиям, осложнениям в родах и нарушению развития плода [1].

Чаше всего, прогнозировать и предупредить заболевания новорожденных можно еще в течение периода беременности. Тогда же нужно начинать выполнение комплекса оздоровительных мероприятий.

Система поддержки принятия решений поможет начинающему врачу в принятии решения относительно выбора управляющего воздействия, позволит оценить результаты управляющего воздействия в зависимости от индивидуальных особенностей и состояния пациента. Роль компьютера в данных системах перестает ограничиваться накоплением данных автоматизированного учета, теперь на практике возникает потребность обеспечения задач поддержки принятия решений. Наибольшее значение в этой задаче отводится информации и методам ее обработки. Концепция систем поддержки принятия решений как нельзя лучше соответствует задаче информационного обеспечения [2].

### Описание алгоритма

В результате проведенного исследования была разработана система поддержки принятия решения врача, на вход данной системы поступают изначальные показатели новой пациентки. Используются следующие показатели:

- Показатели крови: ТТГ, Т4, кортизол, инсулин, малоновый диальдегид, экстинкция опытной пробы, гемоглобин, тромбоциты, общий белок, фибриноген;
- Показатели дыхания: задержка дыхания на вдохе (проба Штанге), задержка дыхания на выдохе (проба Генча).

В настоящее время не представляется возможной оценка функционального состояния организма беременной женщины универсальным образом. Поэтому, для получения наиболее приближенных к действительности результатов необходима классификация беременных женщин на группы с учетом их состояния здоровья. В

данной работе применяется разбиение беременных на 8 групп.

По имеющимся показателям в каждой группе из исторической выборки находится пациентка с минимальными отклонениями от данных новой пациентки. Для каждой из найденных пациенток с похожими начальными значениями показателей производится прогноз конечного состояния с учетом предположения применения каждой из рассмотренных альтернатив лечения. Под альтернативами лечения в данной работе понимается выбор управляющего воздействия как одного из рекомендуемых специалистами комплекса восстановительных мероприятий.

Далее строится матрица выигрыша врача, по которой с помощью критерия Вальда происходит выбор управляющего воздействия. Применение критерия Вальда оправдано, когда ситуация, в которой принимается решение такова, что необходимо исключить какой бы то ни было риск, что очень актуально в медицине.

Ввиду ограниченности выборки медицинских данных, нельзя утверждать о достоверности выбранного управляющего воздействия, поэтому результат работы системы носит рекомендательный характер. Обобщенная схема действия разработанной системы представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Обобщенная схема действия системы поддержки принятия решений

На рисунке 2 представлена подробная схема действия разработанной системы поддержки принятия решений. Также на рисунке 2 представлен набор медицинских показателей, которым описывается функциональное состояние беременной женщины в рамках данного исследования.

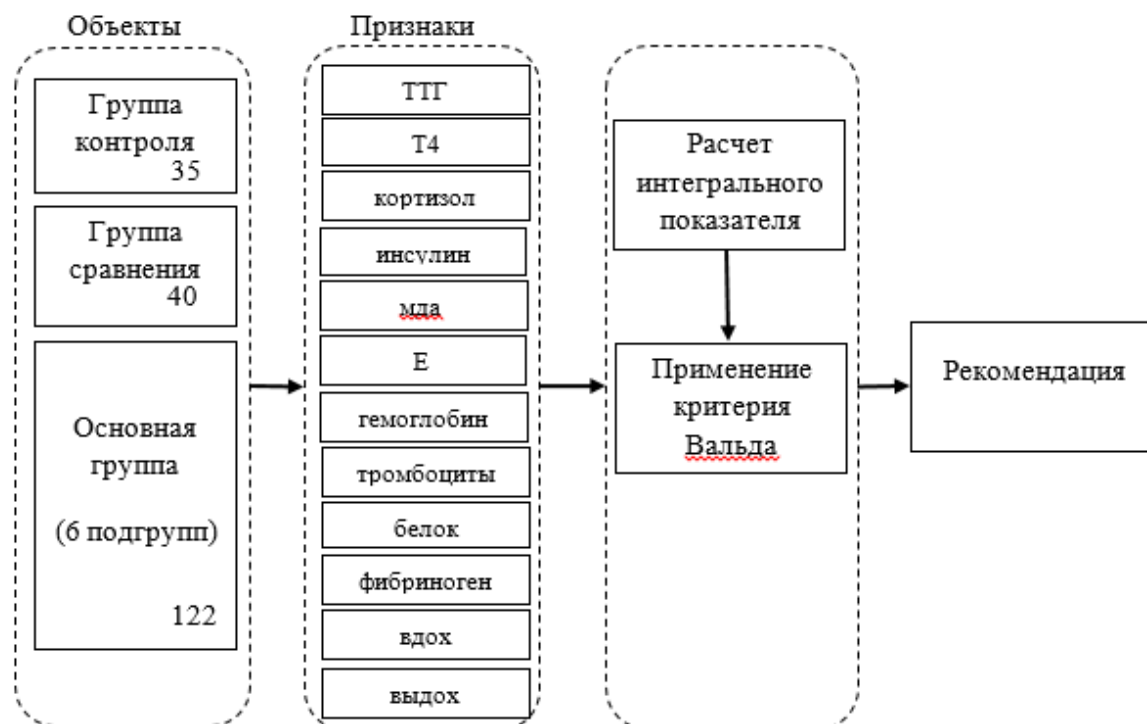


Рис. 2. Подробная схема разработанной системы поддержки принятия решений

Также в рамках исследования был построен интегральный критерий оценки состояния с использованием только данных по дыханию. Сравнительная характеристика значений интегрального критерия дает значимые выводы для врача. Здоровые женщины группы контроля, не занимавшиеся никаким комплексом оздоровительных мероприятий во время беременности, к концу срока беременности имеют значение интегрального критерия хуже (больше по значению), чем женщины, у которых была диагностирована анемия, но начиная со второй половины беременности они выполняли комплекс оздоровительных мероприятий

#### Заключение

Разработана система поддержки принятия решения врача для выбора управляющего воздействия, позволяющая снизить риск возникновения серьезных осложнений у новорожденных.

Анализ объектов из обучающей выборки с помощью разработанных подходов в СППР позволяет генерировать наилучшее управляющее воздействие для вновь поступившей пациентки.

Применение интегральных критериев оценивает вклад совокупности показателей, что нередко является более значимым, чем вклад отдельных показателей, что проиллюстрировано на примере в анализе результатов работы. Анализ

полученных результатов позволяет выделить группу женщин, которым была диагностирована анемия и которые занимались комплексом восстановительных мероприятий, чье функциональное состояние к концу беременности оценивается наравне с группой здоровых женщин.

#### Список использованных источников

1. А. Н. Ерохин, Н. В. Мезенцева. Функциональное состояние беременной и плода в поздний гестационный период // Вестник новых медицинских технологий, -2009. - №4. С.34-36.
2. Попов А. Л. Системы поддержки принятия решений: Учебно-метод. пособие / Попов А.Л. – Екатеринбург: Урал. гос. ун-т, 2008. – 80с.
3. Симанков В. С. Системный анализ и современные информационные технологии в медицинских системах поддержки принятия решений / В.С. Симанков, А.А. Халафян. – М.: БиномПресс, 2009. – 362 с.
4. А.Л. Филинов, Л.Б. Брагина. Функциональное состояние вегетативной нервной системы при нормально протекающем гестационном процессе // Медицинский альманах, -2012, - №5(24). С.44-45.
5. Фокин В.А., Пеккер Я.С., Берестнева О.Г., Гергет О.М. Интегральные методы оценки состояния сложных систем // Известия Томского политехнического университета, - 2012, – №5. С. 120-124.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА LSA-АЛГОРИТМА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА КОМПЛЕКСА УПРАЖНЕНИЙ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Хаперская А. В.  
Научный руководитель Берестнева О.Г.  
Томский политехнический университет  
E-mail: [khape@mail.ru](mailto:khape@mail.ru)

Семантический анализ не простая математическая задача, несмотря на то, что он пользуется спросом практически во всех областях жизни общества. Задача заключается в обучении компьютера распознавать и правильно интерпретировать образы, которые пользователь пытается передать. Ту Гонсалес считает, что человек является очень сложной информационной системой - в определенной степени это определяется чрезвычайно развитыми его способностями распознавать образы, которые представляют собой описание объекта. Естественный язык был сформирован во многом хаотично, в отличие от алгоритмических языков. По этой причине, существует целый ряд трудностей в понимании и распознавания текста [1]. Таким образом, чтобы разработать программу, которая позволит интеллектуальный поиск бизнес-кейсов, деловых игр, необходимо разработать математическую модель принятия решений, направленную на облегчение поиска заданий для развития индивидуальных компетенций.

Среди огромного числа алгоритмов, которые используются для поиска и анализа информации, особое место занимают те из них, целью которых является обнаружение скрытых закономерностей или неочевидных зависимостей

Используя их, мы можем сказать, например, что два текста похожи, даже если эта похожесть выражена косвенно:

Об одном из таких методов, который применяется для рекомендательных систем (коллаборативная фильтрация), информационного семантического поиска, разделения текстов по тематикам без обучения и многих других и пойдет речь далее. Метод этот называется латентно-семантическим анализом (LSA - Latent Semantic Analysis)[2].

Можно изобразить это графически на простом примере двух небольших текстов. Один текст про письменность, другой про неопределенность Гейзенберга. Стоп-слова удалены, а остальные приведены к основной форме (без окончаний). Каждая точка на графике - слово. На осях отложено, сколько раз слово встретилось в каждом документе. Т.е. если слово встретилось в тексте про неопределенность 3 раза, а в тексте про письменность 2 раза, то на рисунке 1 это слово изобразим точкой с координатами (3,2)

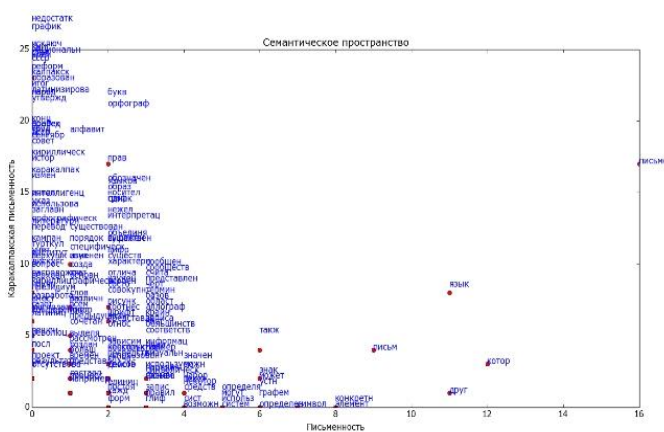


Рис. 1. Пример текста с семантическим пространством

Для сравнения документов можно подсчитать сумму векторов-слов, которые в них входят и опять же оценить расстояние между ними. В рассмотренном примере слова распределились хорошо, так как тематики существенно разные. А если тематики схожи, то может получиться такая картина (Рис.2):

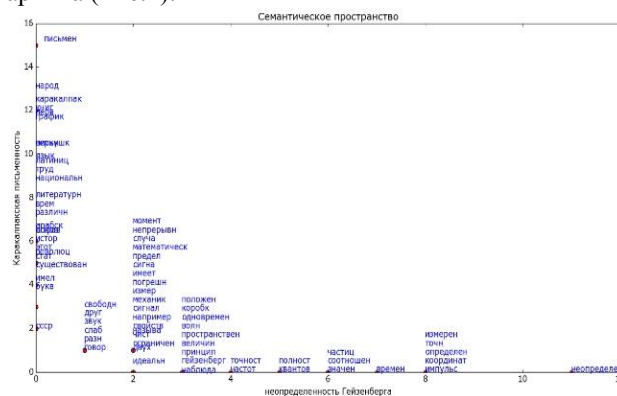


Рис. 2. Пример текста с семантическим пространством со схожими тематиками

По сравнению с предыдущей картинкой видно, что документы существенно похожи, и, кроме того, есть слова, которые характеризуют общую тематику для обоих текстов (например "язык" и "письмен"). Такие слова можно назвать ключевыми для данной темы. Т.е. напрашивается вывод, что имея такое представление текстов, теоретически можно сгруппировать документы по близости их содержания, и таким образом построить тематическое разбиение коллекции

текстов. В частности может оказаться, что каждый документ - это отдельная тема. Также можно искать документы по запросу, при этом могут находиться документы, которые не содержат слов из запроса, но близки ему по теме.

Но в жизни оказывается, что документов и слов очень много (гораздо больше чем тем) и возникают следующие проблемы:

- размерности (вычисление близости между векторами становится медленной процедурой);
- зашумленности (например, посторонние небольшие вставки текста не должны влиять на тематику);
- разреженности (большинство ячеек в таблице будут нулевыми).

В таких условиях довольно логично выглядит идея, вместо таблицы "слово-документ" использовать "слово-тема" и "тема-документ". Решение именно такой задачи предлагает LSA. Но, к сожалению, интерпретация полученных результатов может оказаться затруднительной.

Пусть имеются три документа, каждый - на свою тематику (первый про компетенции, второй про спорт и третий про компьютеры). Используя LSA, изобразим двумерное представление семантического пространства, и как в нем будут представлены слова (красным цветом), запросы (зеленым) и документы (синим). Напомню, что все слова в документах и запросах прошли процедуру лемматизации или стемминга.

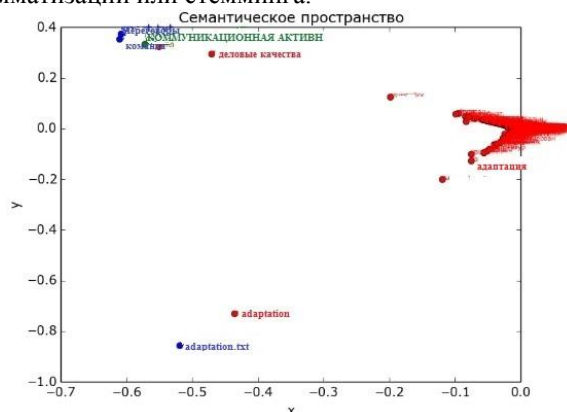


Рис. 3. Двумерное представление семантического пространства

Видно, что тема "адаптация" хорошо отделилась от двух других. А вот "переговоры" и "тимбилдинг" довольно близки друг другу. Для каждой темы проявились свои ключевые слова. Зеленым на рисунке изображен запрос "коммуникационная активность". Его релевантность к документам имеет следующий вид:

1. communication.txt' - 0.99990845
2. 'teambuilding.txt' - 0.99987185
3. 'adaptation.txt' - 0.031289458

Из-за близости тем "общение" и "тимбилдинг"

довольно сложно точно определить, к какой теме он принадлежит. Но точно не к "адаптации". Если в системе, обученной на этих документах, попытаться определить релевантность к образовавшимся темам слова "рынок", то в ответ мы получим 0 (т.к. это слово в документах не встречалось ни разу).

Итак подведем итог:

1. LSA позволяет снизить размерность данных - не нужно хранить всю матрицу слово-документ, достаточно только сравнительно небольшого набора числовых значений для описания каждого слова и документа.

2. Получаем семантическое представление слов и документов - это позволяет находить неочевидные связи между словами и документами. На рисунке 4 приведена матрица документов.

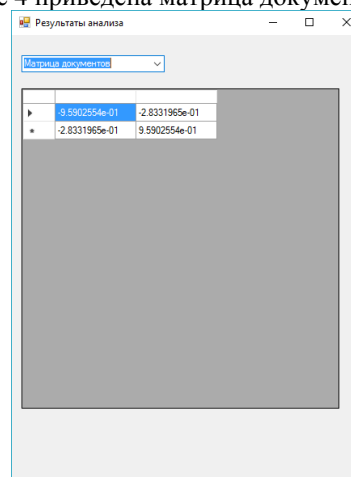


Рис. 4. Матрица документов

Итак, по разработанному алгоритму была создана система поиска заданий для развития компетенций, где результаты анализа выглядят в виде матрицы термов

#### Список использованных источников

1. Абакумова Н.Н., Малкова И.Ю. Компетентностный подход в образовании: организация и диагностика. - Томск: Томский государственный университет, 2007. - 368 с.
2. Осипов Г. С., Шелманов А. О. Метод повышения качества синтаксического анализа на основе взаимодействия синтаксических и семантических правил // Труды шестой международной конференции «Системный анализ и информационные технологии» (САИТ). — Т. 1. — 2015. — С. 229–240.



## РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ В РАЗРЕЗЕ ФОРМ СОБСТВЕННОСТИ ЗА ПЕРИОД 2012-2016 ГГ.

Е.С. Соболева, В.А. Колпакова, В.В. Спицын, Ю. Я. Кацман  
Томский политехнический университет  
katsman@tpu.ru

### Введение

Пищевая промышленность является одной из значимых отраслей экономики. Она имеет стабильный рынок сбыта, основанный на постоянно возобновляющийся потребностях населения в продуктах питания, а также обеспечивает продовольственную безопасность страны. В настоящей работе мы исследуем, как пищевая промышленность России отреагировала на кризис 2014-2016 гг. Целью работы является выявление различий в значениях показателя рентабельности между предприятиями различных форм собственности и между различными временными периодами.

Объект исследования – предприятия пищевой промышленности России в российской (далее - РС или RO) и иностранной (далее - ИС или FO) собственности. Соответственно, были сформированы две выборки предприятий для анализа:

- предприятия в ИС – 131;
- предприятия в РС – 1862.

Критерием включения предприятия в выборку было получение им выручки ежегодно за период 2012-2016 в размере не менее 100 млн. р. Период исследования – 2012-2016 гг. Источник данных по предприятиям – система СПАРК [1]. Анализируемый показатель – чистая рентабельность. Этот показатель определяется как соотношение чистой прибыли и выручки предприятия за соответствующий год. Методы исследования – дисперсионный анализ [2]. Исследования проводились с использованием программы STATISTICA 10 и программ на языке R для статистической обработки данных. Исследования показали, что распределение переменной по годам и формам собственности значимо отличается от нормального. Учитывая полученные результаты, при исследовании использовались, в основном, ранговые (свободные от вида распределения) критерии Манна-Уитни, Вилкоксона, Краскела-Уоллиса [2].

### Результаты исследования

Результаты анализа чистой рентабельности представлены на рис. 1. На этом рисунке линия внутри ящика – медиана, ящик – 25-75% квартильный размах, усы – 1.5\*ИКР (интерквартильный размах), за исключением аномальных значений (выбросов) [3]. Дисперсионный анализ позволил выявить статистически значимые различия и упорядочить

объекты исследования по группам от большего к меньшему в соответствии с выявленными различиями:

FO\_2016, FO\_2012 – a; RO\_2015 – ab; RO\_2016, RO\_2012, RO\_2013 - bc; RO\_2014 – cd; FO\_2013 - cde; FO\_2015 – de; FO\_2014 – e.

Если объекты сравнения имеют общие группы – различия не значимы. Если нет – значимы.

Проведенные расчеты показывают, что кризисный период наиболее сильно отразился на предприятиях в ИС. Они были лидерами на входе в кризис (2012 год) и становятся лидерами на выходе из кризиса (2016 год). Но оказываются аутсайдерами в 2013-2015 гг. Началом проблем, похоже, следует считать 2013 год, т.е. период еще до введения санкций, падения цен на нефть и т.д.

Отметим также глубину падения предприятий в ИС. Для ИС (рис. 1) в 2013 г. рентабельность более 25% предприятий становится отрицательной. Это падение усугубляется в 2014 г., когда отрицательная рентабельность (а значит, убытки вместо прибыли) наблюдаются уже у ~ 50% предприятий. И только в 2016 г. положительную рентабельность обеспечили 75% предприятий ИС.

Возможные причины такой ситуации:

- большая доля импортного сырья в производстве именно у предприятий в ИС, цены на которое существенно выросли в 2014-2015 гг. из-за падения рубля (рост себестоимости, который привел к убыткам);
- снижение покупок именно продуктов предприятий в ИС, из-за того, что они более дороги и не являются необходимыми для питания (Нестле, Марс и т.д.), а платежеспособный спрос населения упал в 2014-2015 гг.

Однако наш анализ показывает, что в 2016 году предприятия в ИС решили эти проблемы и вновь стали лидерами по чистой рентабельности.

Предприятия в РС, напротив, демонстрируют более стабильное поведение. Рентабельность квартильного размаха у них положительна весь период, т.е. 75% предприятий стабильно получают прибыль. Максимальную рентабельность предприятия в РС показали в кризисный 2015 год. Возможно, это объясняется продовольственным эмбарго, введенным Россией в отношении западных стран, а также падением рубля, что сделало более привлекательными российские, а не импортные продукты питания. Однако в 2016 году уже происходит некоторое уменьшение чистой

рентабельности и по ней предприятий в РС начинают отставать от предприятий в ИС.

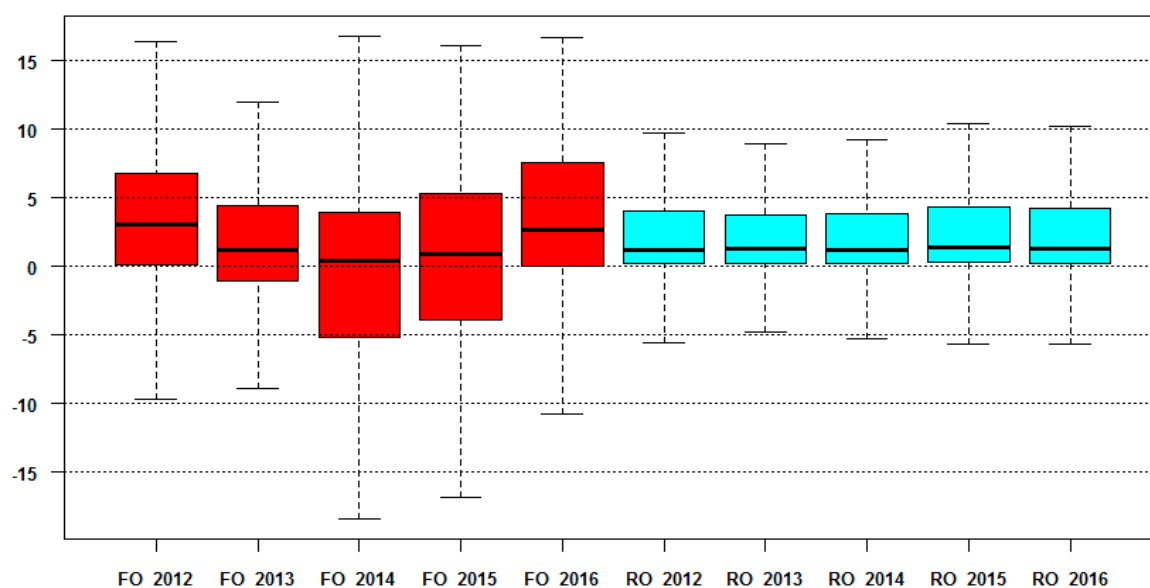


Рис. 1. Чистая рентабельность предприятий пищевой промышленности в разрезе форм собственности за 2012-2016 гг., %

Таблица 1. Вероятности парных сравнений (критерий Вилкоксона)

	FO_12	FO_13	FO_14	FO_15	FO_16	RO_12	RO_13	RO_14	RO_15	RO_16
FO_2012	1.000	0.012	0.0003	0.008	0.939	0.029	0.021	0.013	0.077	0.049
FO_2013	0.012	1.000	0.183	0.662	0.013	0.138	0.159	0.243	0.060	0.101
FO_2014	0.000	0.183	1.000	0.407	0.0005	0.0003	0.0004	0.001	0.0001	0.0002
FO_2015	0.008	0.662	0.407	1.000	0.010	0.021	0.0281	0.044	0.010	0.016
FO_2016	0.939	0.013	0.0005	0.01	1.000	0.016	0.011	0.007	0.04	0.027
RO_2012	0.029	0.138	0.0003	0.021	0.016	1.000	0.976	0.358	0.119	0.554
RO_2013	0.021	0.159	0.0004	0.028	0.011	0.976	1.000	0.358	0.118	0.574
RO_2014	0.013	0.243	0.001	0.044	0.007	0.358	0.358	1.000	0.016	0.143
RO_2015	0.077	0.057	0.0001	0.010	0.040	0.119	0.118	0.016	1.000	0.351
RO_2016	0.049	0.101	0.0002	0.016	0.027	0.554	0.574	0.143	0.351	1.000

Независимо от кризиса, санкций, падения рубля и цен на нефть, ~25% предприятий в РС стабильно демонстрируют отрицательную рентабельность (т.е. получают убытки) (рис. 1).

Полученные выводы хорошо согласуются с результатами парных сравнений – критерий Вилкоксона (см. табл. 1).

#### Заключение

Проведенное исследование позволило выявить закономерности изменения рентабельности у предприятий разных форм собственности как реакции на кризис 2014-2015 гг. Предприятия в ИС более остро отреагировали на кризис, при этом значительная часть этих предприятий (до 50% выборки) показали чистый убыток в 2014-2015 гг. Однако в 2016 году предприятия в ИС уже выходят на докризисные показатели чистой рентабельности, которые оказываются выше, чем у предприятий в РС.

Предприятия в РС оказались более устойчивы к кризису и обеспечили получение максимальных значений рентабельности в кризисный 2015 год. Однако существенного прироста рентабельности не произошло, а в 2016 году они начинают терять свои позиции.

Таким образом, предприятия в РС, по сути, не смогли воспользоваться предоставленными возможностями и нарастить свою рентабельность. Вероятно, позитивные факторы (падение рубля и продовольственное эмбарго) были компенсированы негативными (снижением платежеспособного спроса населения). Предприятия в ИС испытывали проблемы с чистой рентабельностью в 2014-2015 гг., но смогли их решить и выйти на докризисный уровень к 2016 году.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта РФФИ № 17-06-00584-а.

#### Список использованных источников

1. Информационный ресурс СПАРК [Сетевое издание]. URL: <http://www.spark-interfax.ru/>
2. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. Учебник. – 2008. – М: ООО «Бином-Пресс».
3. Базовые графические возможности R: диаграммы размахов – URL: [http://r-analytics.blogspot.ru/2011/11/r\\_08.html#.Whfy3YZI-M](http://r-analytics.blogspot.ru/2011/11/r_08.html#.Whfy3YZI-M)

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Погожев А. О., Погожева Е. О., Жакишева Т. М.

Научный руководитель: к.т.н., Иванов М. А.

Национальный исследовательский Томский Политехнический университет, Россия

Карагандинский государственный технический университет, Россия

[pao00013@gmail.com](mailto:pao00013@gmail.com)

### Введение

Каждое среднее и крупное сельскохозяйственное предприятие в среднем обрабатывает за сезон 10-20 тысяч гектаров земли. При таких объемах оно сталкивается с тремя ключевыми проблемами[3]:

1. **Необходимость обхода больших площадей агрономом.** Следствием человеческого фактора могут быть дополнительные издержки от потери урожая.
2. **Падением урожая в следствие гибели растений от болезней** [1]. Для предприятий это приводит к дополнительным убыткам, для потребителей – к увеличению цен.
3. **Увеличение пестицидной нагрузки на растения** [2]. Фермер не только тратит лишние деньги на обработку (защиту культур), но и качество продукции после таких действий оставляет желать лучшего.

На решение данного комплекса проблем направлен проект CropSafe.

### Основная часть

Для решения вышеописанных проблем, возникающих при выращивании сельскохозяйственных культур, на основе теоретических данных был разработан математический алгоритм. Общая концепция данной теории: (1) культура изначально считается больной; (2) развитие болезни зависит от окружающих условий, которые имеют разную степень благоприятствования; с другой стороны, важным фактором является (3) устойчивость сорта культуры к развитию болезней.

На сегодняшний день разработан алгоритм, позволяющий решить задачу прогнозирования динамики развития болезни, для картофеля при болезни «фитофтороз». Входные данные алгоритма это: относительная влажность, температура, устойчивость картофеля, время. Выходные переменные — это вероятность заражения.

Приведем последовательность шагов работы алгоритма. Для этого введем интегральную переменную фито балы. Которая характеризует вероятность заражения культуры:

- Отслеживание относительной влажности;
- При достижение критического значения

следует проверка температуры и суммирование времени. Каждый прошедший час соответствует своему количеству фитофторозных баллов; для каждой культуры он свой.

- При достижении 30 баллов культура считается зараженной с вероятностью 100%. Необходимо произвести обработку для локализации потерь урожая.

### Математическое представление

Постановка задачи: пусть – продолжительность периода (в часах) относительной влажностью. Устойчивость сорта к заболеванию представляет собой дискретное множество  $\Omega = \{B, VB, VV\}$ , где  $B$  – восприимчивый сорт,  $VB$  – умеренной восприимчивый сорт,  $VV$  – умеренной устойчивый сорт.  $tcp: N \cup \{0\} \rightarrow \mathbb{R}_+$  – средняя температура ( $^{\circ}\text{C}$ ) за период с относительной влажностью  $\geq 90\%$ , где  $\mathbb{R}_+ = [0, +\infty)$ . Ставится задача определения благоприятности погодных условий для развития фитофтороза по системе Симкаст в период 24 часа, начиная с 13ч до 12ч следующего дня.

Тогда отображение  $Law: \mathbb{R}_+ \times \Omega \times N \cup \{0\} \rightarrow N \cup \{0\}$ , где  $Law(t, \omega, m)$  представлено в Табл. 1.

Таблица 1.  $Law(t, \omega, m)$ . Показатели определения благоприятности погодных условий для развития фитофтороза по системе Симкаст в период 24 часа, начиная с 13ч до 12ч следующего дня.

Средняя температура	Фитофторозные баллы				
	Часы пока относительная влажность $\geq 90\%$				
	0	1	2	3	4
7.2-11.6 C	15	16-18	19-21	22-24	25 +
11.7-15.0 C	12	13-15	16-18	19-21	22 +
15.1-26.6 C	9	10-12	13-15	16-18	19 +

Алгоритм был реализован на языке python. Он состоит из 5 классов (см. рисунок 1): Счётчик фитофторозных баллов, Мониторинг влажности, Мониторинг температуры, Счётчик времени, Оповещение заражения.

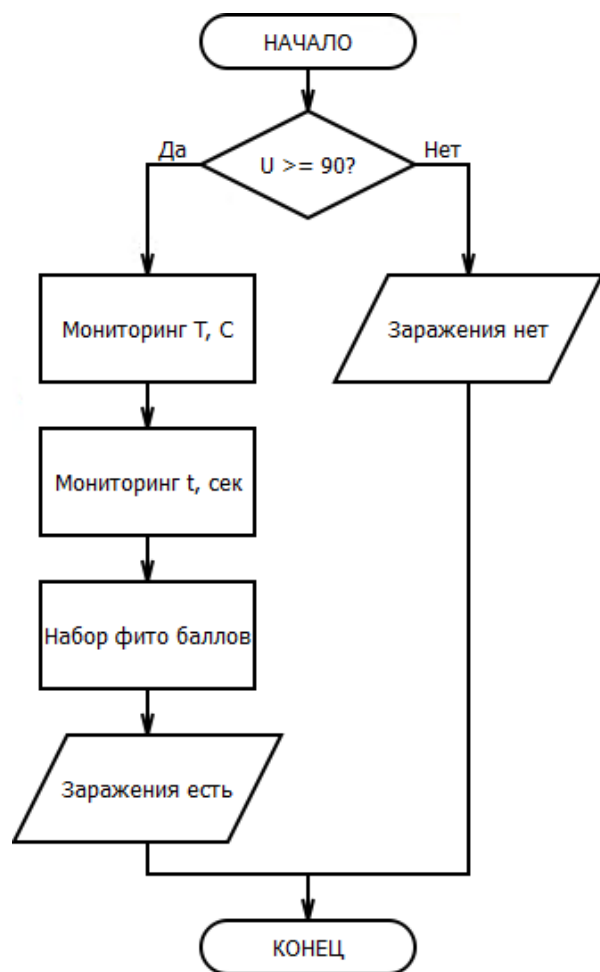


Рис. 1. Блок-схема последовательности выполнения классов

### Заключение

На сегодняшний день разработано решение, позволяющий прогнозировать динамику развития болезни «фитофтороз» для картофеля используя метеоданные. Общая концепция данного метода такова: культура заведомо больна и развитие болезни зависит от окружающих условий.

В дальнейшем будут проводиться исследования распространения болезни «ржавчина» и разрабатываться алгоритмы, позволяющие решить задачу сохранения урожая пшеницы.

### Список использованных источников

1. Богуславская Н.В., Филиппов А.В. Распространение возбудителя фитофтороза пасленовых в почве. // Микология и фитопатология, 1976, т. 10, № 4, с. 316.
2. Ван дер Планк Я.Е. Болезни растений (эпифитотии и борьба с ними) – М.: "Колос", 1966, с. 5–359.
3. Иванюк В.Г. «фитофтороз картофеля и пути снижения его вредоносности», 2009 с. 52–55.



## СЕРВИС МОНИТОРИНГА ЭПИДЕМИОЛОГИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Кондратов А. В., Щукина Е. П., Гусев В. В.  
Голубева А. А.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
kondratov\_anton@mail.ru

Статистическая информация о состоянии здоровья населения является основой подготовки решений по совершенствованию государственной политики в сфере здравоохранения. Особую актуальность представляет повышение достоверности и полноты информации государственной статистики, а также сопоставимости статистической информации внутри страны (между различными регионами) и в международном аспекте. В настоящее время методики учета случаев заболеваний, выявленных и зарегистрированных различными медицинскими учреждениями, являются неоднородными и неточными. В этой связи необходима унификация методических подходов к обеспечению учетно-статистической работы в учреждениях здравоохранения, а также определение современных подходов к анализу получаемых данных и их обобщение.

Контроль и учет подобного рода информации имеет большое значение для развития и повышения эффективности всей системы здравоохранения в стране. Целью работы является разработка сервиса по мониторингу эпидемиологии заболеваний, позволяющего проводить эпидемиологические исследования хронических неинфекционных заболеваний в режиме on-line.

Для решения выявленной проблемы можно предложить информационную систему (веб-сервис), осуществляющую сбор, обработку и хранение статистической информации, исключая искажения и дублирование данных. В общем виде система представляет собой инструмент для проведения опросов в режиме on-line и показа уже набранной статистики на различных диаграммах. Опрос проводится по двум блокам: личные данные и утвержденный список медицинских вопросов по основным нозологиям.

Система состоит из трех модулей. Первый – проведение опросов в режиме on-line, который позволяет осуществлять сбор информации о состоянии здоровья населения в нозологическом разрезе и по стратифицирующим признакам.

Второй – модуль графической визуализации результатов исследования, который необходим для представления в более удобной форме данных, накопленных в результате сбора и анализа информации при помощи различных комбинаций графиков, диаграмм и интерактивных карт, как в межрегиональном аспекте, так и в разрезе нозологий и по стратифицирующим признакам.

Третий — модуль выгрузки набранных данных в виде файла, для проведения более глубокого эпидемиологического анализа.



Рис. 1. Диаграмма программных компонентов

Разрабатываемый подход позволит оценить фактический уровень заболеваемости по нозологиям. В дальнейшем полученные данные позволят прогнозировать изменение эпидемиологических показателей, а также будут являться базисом для формирования государственной политики в сфере здравоохранения. Предлагаемый сервис будет иметь большое значение для развития и повышения эффективности работы всей системы здравоохранения страны.

### Список использованных источников

1. Антонова О. И. Методологические проблемы сбора сведений по статистике здравоохранения от лечебно-профилактических учреждений / О. И. Антонова, Т. М. Максимова, Е. В. Огрызко [Электронный ресурс]: Экономический портал. – Режим доступа: <http://institutiones.com/general/1146-metodologicheskie-problemy-sbora-svedenij.html> (дата обращения: 02.03.2016);
2. Афанасьева, Д. С. Разработка анкеты для использования в медико-статистических исследованиях распространенности соматических заболеваний / Д. С. Афанасьева, S. Köhler, Е.М.Камалтынова // СибГМУ. – Томск, 2015;
3. Методология функционального моделирования IDEF0: Руководящий документ [Текст]. – М.: ПК Издательство стандартов, 2000. – 15с.;

4. Самоучитель по сайтостроению: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bw.net>. – (Дата обращения: 15.04.2015).
5. Справочник по html: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://htmlbook.ru>. – (Дата обращения: 15.04.2015).
6. Javascript: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://javascript.ru>. – (Дата обращения: 15.04.2015).

## THE APPLICATION OF THE POPULATION HEALTH INTEGRATED ASSESSMENT MODEL AS AN INSTRUMENT FOR IMPROVING EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF HEALTHCARE SYSTEM

A.A. Golubeva, I.P. Shibalkov, V.A. Boykov  
Siberian State Medical University,  
Tomsk State University of Control Systems and Radio-electronics

### INTRODUCTION

During the last decade a particular attention is paid to the issues of quality of life of the population due to the current state policy implementation and the country strategic development planning. This situation focuses on the issues of the increasing of the effectiveness of state management in all spheres of economics, immediately connected with providing social services [1]. For the effectiveness assessment of any purposeful action in general terms the correlation of the obtained result and incurred costs is applied [2]. In the sector of healthcare in order to assess costs the quantity of immediate expenditure connected with the providing medical care services is applied. Besides, to assess the health of the population as the basic result of the Russian Federation healthcare system activity the morbidity, mortality and disability rates are used. However, such characteristics do not allow to conduct the integrated quantity assessment of health losses and to assess reliably the effectiveness of the policy implemented in the sphere of healthcare. It requires development and application of new methods of assessment of the healthcare system and its management.

### METHODOLOGY OF THE CALCULATION OF THE QUANTITY RATE OF HEALTHY YEARS OF LIFE LOST

The management of any socio-economic system, especially with high level of hierarchy and dependency on external circumstances referring to the system requires the usage of the activity assessment system which is characterized on the one hand by the high degree of detailed elaboration, on the other hand by the high aggregative potential for defining the tendencies of development as a whole. The usage of DALY along with traditional rates applied in the Russian Federation fully meets such requirements.

The DALY rate is formed by two components, they are YLL (years life lost - years of lost life in the result of premature mortality) and YLD (years lost due to disability - life years lost in the result of health problems (with no account taken of lethal outcomes)).

Russian official statistic instruments do not allow to conduct DALY calculations according to the methodology which is applied abroad. Every fatal case in Russia is recorded to the base of Territorial organ of Federal state statistics service and contains the information about the gender, date of birth, date of death, cause of death and place of residence of the

deceased person. This data allows to perform YLL calculation with the maximal accuracy in every region of the Russian Federation.

For the YLD calculation it is possible to use the data of territorial Medical insurance funds in the form of registries, submitted by medical organizations, which include the description of every case of requesting medical assistance regardless of the type of provided services. Such data organization allows to calculate YLD with proper accuracy.

So, nowadays in the Russian Federation there are all the necessary conditions for the DALY calculation in the country as a whole and in every region.

To conduct the necessary calculations the methods of calculation of the quantity rate of healthy years of life lost were adapted according to the existing system of the statistic registration of medico-demographic information in the territory of Russian Federation. The adaptation allows to calculate the quantity rate of healthy years of life lost for any region and municipal unit of the Russian Federation.

For the solution of the above-mentioned problem in terms of the research they worked out the model of the integrated assessment of the population health for healthcare system management in order to increase the effectiveness of its functioning; modified methods of the integrated assessment of the population health; a range of programmes of analysis and monitoring of health forming factors conducting the proposed methods, the methods of defining potential variants of actions aimed to the decreasing of the population health losses and degree of its preference, the algorithm of defining health forming factors.

The proposed approach allows to increase the effectiveness of the healthcare system management and arrange in the order of health utility decreasing the potential variants for the improvement of population health condition.

### THE POPULATION HEALTH INTEGRATED ASSESSMENT MODEL

In general the population health integrated assessment model can be expressed in the following form:

$$D = \langle Mort, Morb, K, E, F(Yll(b, endo), Yld(b, fact), DalyYll(Yll, Pop), DalyYld(Yld, Pop), Daly(DalyYll, DalyYld), K), Ec, Yll(b, endo), Yld(b, fact), DalyYll(Yll, Pop), DalyYld(Yld, Pop), Daly(DalyYll, DalyYld) \rangle,$$

$Mort = \{Mort_{ij}\}$  – the multitude of characteristics of persons, set in the form of matrix,  $i = 1..m, j = 1..n$ .

$Morb = \{Morb_{ij}\}$  – the multitude of characteristics of persons who applied at the medical organisations, set in the form of matrix,  $i = 1..m, j = 1..n$ .

$n$  – the number of cases applying to the medical organisations and / or death.

$m$  – the number of characteristics of health condition assessment of the one who applied to the medical organisations and/or the deceased one.

$K = \{K_g\}$  – the multitude of factors influencing health condition,  $g = 1..s$ .

$s$  – the number of factors influencing health condition.

$E = \{E_k\}$  – the multitude of factors influencing the choice of potential variants of actions aimed to decrease population health losses and degree of their preference, included in the algorithms of taking administrative decisions,  $k = 1..d$ .

$d$  – the number of factors influencing the choice of potential variants of actions aimed to decrease population health losses and degree of their preference, included in the algorithms of taking administrative decisions.

$F(Yll(b, endo), Yld(b, fact), DalyYll(Yll, Pop), DalyYld(Yld, Pop), Daly(DalyYll, DalyYld), K)$  – the function of defining the influence of population healthforming factors on the population health condition.

$Ec$  – expert system of defining potential variants of actions, aimed to decrease population health losses and degree of their preference.

$Yll(b, endo)$  – the function of defining the quantity rate of healthy years of life lost as a result of premature mortality.

$endo = \{endo_q\}$  – the multitude of aging factors,  $q = 1..r$ .

$r$  – the number of aging factors.

$Yld(b, fact)$  – the function of defining the quantity rate of healthy years of life lost due to health problems.

$fact = \{fact_v\}$  – the multitude of the disease severity coefficients,  $v = 1..w$ .

$w$  – the number of the disease severity coefficients.

$b = \{b_t\}$  – the multitude of cases of disease and/or death referring to nosologic and sex and age groups,  $t = 1..z$ .

$z$  – the number of cases of disease and/or death referring to nosologic and sex and age groups.

$DalyYll(Yll, Pop)$  – the function of defining the quantity rate of healthy years of life lost at a rate of premature mortality per proper population.

$DalyYld(Yld, Pop)$  – the function of defining the quantity rate of healthy years of life lost at a rate of health problems per proper population.

$Pop$  – the certain population in some region of the Russian Federation or a municipal unit and age group.

$Daly(DalyYll, DalyYld)$  – the function of defining the quantity rate of healthy years of life lost.

## ONCLUSIONS

So, the carried out research allows to make a conclusion on the preference of the application of quantity rate of healthy years of life lost as one of the basic indicators of population health condition and effectiveness of healthcare system functioning. The model and the range of programmes worked out during the research can be applied for the solution of a lot of administrative tasks at the regional and municipal levels, beginning from the working-out of basic directions of the development of the sphere as a whole and finishing by forming certain measures to improve population health condition.

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the framework of the scientific project No. 16-36-00181 мол\_а.

## REFERENCES

- [1] Economic methods of management in health care/under the general edi-torship of V. Uiba. – Novosibirsk: LLC "Alfa-Resource", – 2012. – P. 314.
- [2] Lipsits I. V.. The Economy. Textbook for high schools. – M.: Omega-L, – 2006. – 656 стр.